

---

Cette unité de filtration est nouvelle (non divulguée dans l'état de la technique) et présente l'avantage que la structure de filtration 23 et le bloc de support 24 peuvent être remplacés sans qu'il faille arrêter l'unité toute entière. Absence d'unité en cas de présence dans la même demande.

- Les structures de filtration non lyophilisées comprenant des bactéries sur un matériau perméable à l'eau ne sont pas nouvelles : D II divulgue un support (n'importe quel type de matériau de support perméable ou imperméable) revêtu de biomasse.

Dans D I, les bactéries appliquées sur un matériau de support se forment durant le fonctionnement du lit de sable.

- Une unité de filtre comportant une structure de filtration comprenant des bactéries sur un matériau perméable à l'eau sur un lit de sable n'est pas nouvelle :

Dans D I, le lit de sable utilisé et une couche bactérienne se forment au cours du fonctionnement du lit de sable pour le traitement de l'eau ; il en résulte une unité de filtre comportant une structure de filtration comprenant des bactéries sur un support perméable à l'eau.

La présente invention concerne une méthode pour construire un dispositif de filtrage lyophilisé comprenant des bactéries gram-négatives productrices d'exo-polysaccharides supporté par un matériau perméable à l'eau, des dispositifs de filtrage lyophilisés pouvant être obtenus par cette méthode et une méthode de traitement de l'eau utilisant de tels dispositifs de filtrage lyophilisés.

*Nos recherches récentes ont porté sur des structures de filtration pour le traitement de l'eau afin de la rendre potable, et sur les méthodes de construction de telles structures. La présente invention est d'une importance particulière dans les cas d'urgence, dans lesquelles on doit disposer dans un délai minimum d'une eau microbiologiquement sûre lorsqu'on ne dispose pas rapidement ou de façon continue d'agents désinfectants.*

*La quasi-totalité des stations d'épuration d'eau comprennent comme caractéristique essentielle la filtration de l'eau disponible à travers une couche de sable. Les deux principaux types de procédés de filtration à l'aide de sable, sont respectivement qualifiés comme filtration lente sur sable et comme filtration rapide sur sable, appellations qui reflètent les vitesses relatives flux du liquide aqueux à travers le milieu de filtration. Toutefois, ces deux types de procédés de filtration sur sable se distinguent également par des différences fondamentales de fonctionnement.*

*Dans le cas de filtres à sable rapides, l'eau est traitée de sorte à provoquer la coagulation des impuretés finement divisées (dont une grande partie des micro-organismes gênants présents) qui se trouvent en suspension dans les réservoirs de floculation, après quoi les grosses particules formées par coagulation sont retirées dans des bassins de décantation. Un tel prétraitement de l'eau permet d'effectuer la filtration par le sable à un débit plus élevé. Dans les filtres à sable lents, aucun prétraitement de ce type est effectué.*

---

*Dans les filtres à sable lents, l'élimination des impuretés, et notamment des microorganismes gênants, est effectuée non seulement par enlèvement physique à travers les couches supérieures de grains de sable, mais également par le piégeage des impuretés par les micro-organismes qui se développent dans la couche supérieure de sable. Ce phénomène est communément connu comme constituant une couche de type «Schmutzdecke», qui au départ peut prendre plusieurs semaines à se développer et qui dans le cas des filtres à sable lents joue un rôle de sa part dans la production d'eau de haute qualité.*

*Dans une situation d'urgence dans laquelle il importe d'assurer rapidement l'approvisionnement en eau potable sûre et dans laquelle il n'est pas toujours facile de se procurer des agents de traitement chimiques tels que des désinfectants, il serait en principe souhaitable d'utiliser un filtre à sable lent. Toutefois, la création de l'indispensable Schmutzdecke prend tellement de temps que les filtres à sable lents se sont jusqu'ici avérés totalement inutilisables dans des situations d'urgence.*

D Il décrit des supports destinés à être utilisés dans un bioréacteur, possédant des filtres à sable lents pour le traitement des eaux, enrobés de biomasse, puis congelés et stockés à l'état congelé. En introduisant le support congelé dans un bioréacteur, le temps de démarrage est d'une journée.

Cependant, le stockage et le transport du support à l'état congelé sont compliqués et la décongélation du matériau au cours du stockage ou du transport peut inactiver les bactéries. En outre, le démarrage d'un bioréacteur avec le matériau congelé prend encore environ une journée.

*Pour remédier à cet inconvénient, nous avons développé un dispositif de filtration qui est de grande valeur en cas d'urgence et qui, dans d'autres situations, peut être utilisé pour fournir un approvisionnement en eau sûre, dans des délais exprimés en heures plutôt qu'en un jour, et qui peut être transporté très facilement. La présente invention concerne donc un dispositif de filtration lyophilisé pouvant être obtenu par la méthode selon la revendication 1.*

*Notre nouveau dispositif de filtration comprend des bactéries gram-négatives productrices d'exopolysaccharides supporté par un matériau perméable à l'eau qui n'est pas toxique à l'égard des micro-organismes et pour des êtres humains, qui résiste à des températures comprises entre - 15 °C et + 65 °C, et qui n'est pas facilement biodégradable. La structure de filtration est lyophilisée après application des bactéries au matériau perméable à l'eau. Le produit lyophilisé peut ensuite être emballé sous vide de façon à exclure l'humidité, puis stocké en attendant son utilisation. Lorsqu'une situation d'urgence se présente dans laquelle l'eau potable doit être rapidement disponible, le produit peut être réactivé en quelques heures par adjonction d'eau, puis utilisé, sur un support approprié, pour purifier l'eau disponible à la manière d'un filtre à sable lent. Ce nouveau dispositif de filtration, qui peut remplacer la Schmutzdecke classique dans les filtres à sable lents, est adapté à la fabrication d'eau potable dans une fraction du temps habituellement nécessaire à la constitution d'une couche sous forme de Schmutzdecke classique.*

---

D I décrit la formation d'une "Schmutzdecke" sur un support perméable à l'eau. La «Schmutzdecke» se forme lorsque l'unité de filtration fonctionne et demande autant de temps que la formation d'une "Schmutzdecke" sur le lit de sable lui-même.

*Les bactéries gram-négatives productrices d'exo-polysaccharides utilisées dans la structure de filtration que nous avons développée sont du type de celles que l'on trouve dans les couches du type Schmutzdecke. Ces bactéries apparaissent naturellement dans la couche d'un biofilm d'un filtre à sable lent classique, notamment dans la zone s'étendant sur 5 cm, et plus particulièrement sur 2,5 cm à partir de la surface de filtration. Une des caractéristiques de ces bactéries naturelles est la production de quantités considérables de polysaccharides sous forme d'un matériau visqueux ou gélatineux, dans des conditions caractérisées par une faible concentration en nutriments. On peut utiliser comme bactéries un mélange des bactéries prélevées directement dans la Schmutzdecke. On peut également utiliser, individuellement ou sous forme de mélange, des cultures pures de différentes souches de bactéries. Parmi les bactéries entrant en ligne de compte, on mentionnera les souches de *Pseudomonas vesicularis*, par exemple NCIB 40121 ; *Zoogloea ramigera*, par exemple ATCC 25935 ou NCIB 10340 ; *Pseudomonas sp.*, par exemple NCIB 11264 ; *Achromobacter georgiopolitanum*, par exemple ATCC 23203, ainsi que des pseudomonades non pathogènes productrices d'alginate, telles que *Pseudomonas mendocina*, par exemple NCIB 10541.*

*La bactérie particulièrement préférée pour l'utilisation dans notre structure de filtration est une bactérie appartenant à la flore microbienne dominante de la surface du biofilm d'un filtre à sable lent classique déposée sous le numéro NCIB 40121. Elle possède les propriétés suivantes, à savoir une croissance rapide non pigmentée dans le milieu A (cf. ci-dessous) ; une production copieuse de polysaccharides sous forme de dépôt visqueux dans le milieu B (cf. ci-dessous), tant en milieu liquide que dans un milieu solidifié avec 1,5 % d'agar ; une croissance très faible ou nulle sur le milieu Nutrient Agar bactériologique standard, et croissance nulle sur l'agar de McConkey. Dans ce qui précède et dans ce qui suit, le milieu A et le milieu B sont des produits de marque bien connus dans le commerce.*

*La bactérie ou le mélange de bactéries sélectionné ont comme support un matériau perméable à l'eau présentant les caractéristiques énoncées plus haut. Le matériau employé ne doit pas être facilement biodégradable. On choisira un matériau à biodégradation relativement lente, par exemple sur une période de durée similaire à la durée d'utilisation de la structure, durée qui pourra être typiquement de 3 à 6 mois. Le matériau est de préférence résistant aux rayonnements ultra-violet, de sorte qu'il puisse être utilisé dans des conditions de forts ensoleillements prolongés. Pour permettre l'établissement de colonies de micro-organismes à la surface, il est souhaitable que la surface du matériau ne soit pas hautement polie ou lisse. Il va de soi que le matériau perméable à l'eau doit être peu soluble ou insoluble dans les liquides aqueux.*

*Le matériau perméable à l'eau peut se présenter sous plusieurs formes. Ainsi, par exemple il peut s'agir d'un matériau poreux rigide ou compressible tel qu'un matériau polymère expansé, ou une natte fibreuse tel que des fibres de coco, ou un matériau non tissé tel qu'un produit du type papier, ou un produit tissé tel que le coton ou encore*

---

*un matériau cellulosique. Un matériau expansé adéquat est constitué par l'éponge cellulosique. Lorsqu'un matériau flexible de ce type est utilisé il peut être stocké et/ou transporté sous forme enroulée et/ou comprimée. Un matériau non tissé approprié est celui vendu sous la marque "Vilene", qui est offert en vente comme matériau d'interface pour tailleurs. Ce matériau sous forme de feuilles tel que le "Vilene" peut être utilisé en couches simples ou multiples, ou intercalé entre d'autres matériaux de support.*

*Si le matériau perméable à l'eau sélectionné est poreux, il doit bien entendu être à pores ouvertes. Le diamètre moyen des pores sera de préférence d'au moins 10 µm avant et après l'imprégnation avec les bactéries. Plus préférentiellement, le diamètre moyen des pores avant imprégnation sera d'au moins 20 µm, plus spécialement de l'ordre de 50 µm. A la fois le diamètre et la densité des pores influent sur la vitesse avec laquelle l'eau à purifier peut passer au travers de la structure de filtration ; il s'agira d'en tenir compte lors du choix du matériau perméable à l'eau devant être utilisé. Ayant ces points présents à l'esprit, des porosités de 70 à 90 % ou plus sont préférées.*

*On pourra choisir les conditions typiques des procédés de lyophilisation. De préférence, le matériau imprégné est congelé à une température de l'ordre de - 70 °C. L'enlèvement subséquent de l'eau par sublimation sous vide est de préférence effectué sous un vide de 1 torr ou inférieur à cette pression. Une fois lyophilisé, le matériau imprégné est scellé dans un matériau adéquat imperméable à la vapeur d'eau, par exemple dans une feuille d'un polymère synthétique. Ce matériau peut être plié pour former un emballage compact. Ainsi emballée, notre structure peut être facilement transportée sous une forme particulièrement adaptée à la mise en œuvre dans des situations d'urgence. Au moment de l'utilisation du produit lyophilisé, on déchire l'emballage sous vide et on ajoutera de l'eau, de telle sorte qu'au bout de quelques heures (par exemple 6 à 8 heures), les micro-organismes seront réactivés et prêts à l'emploi. Pour favoriser la réactivation et la croissance des micro-organismes lyophilisés, des nutriments microbiens peuvent être incorporés au matériau imprégné, avant l'étape de lyophilisation ou peuvent être ajoutés à l'eau utilisée pour la réactivation.*

*Pour utiliser notre structure de filtration, on peut la mettre en contact avec un lit de sable ou autre milieu de support de filtration, après quoi on fait passer l'eau à purifier à travers la structure et à travers le milieu support du filtre. Par exemple, la structure peut être placée horizontalement sur un lit de sable ou attachée en position verticale à un ou plusieurs blocs de milieux de support rigides poreux. Les dessins annexés montrent des agencements simples pour ce but :*

*La figure 1 est une coupe verticale d'un premier mode de réalisation de l'unité de filtration ;*

*La figure 2 est une vue en plan correspondant à la figure 1 ;*

*La figure 3 est une coupe verticale d'un deuxième mode de réalisation de l'unité de filtration ;*

*La figure 4 est une vue en plan correspondent à la figure 3.*

*L'unité de filtration illustrée aux figures 1 et 2 est, comme montré, à base carrée (p.ex. environ 1 mètre carré) et légèrement plus haute que large (p.ex. environ 1,5 mètre).*

---

*Cette unité est constituée de panneaux de réservoir plans à brides, en plastique renforcé de fibres de verre, assemblés sur place à partir d'un ensemble aisément transportable, sur une plinthe de support 10. Dans la partie inférieure de la partie circonscrite par la section verticale 11, est placé un niveau d'écoulement 12 en gravier ou en matériau similaire, et au-dessus de ce niveau d'écoulement, on trouve un milieu de support 13 constitué de sable.*

*Le milieu 13 supporte une structure de filtration 14 selon l'invention, sous forme d'une couche bactérienne fixée sur un matériau flexible perméable à l'eau. Les bords de la structure 14 sont retenus et scellés entre les brides des panneaux latéraux 11 et des panneaux supérieurs 15. Le niveau d'eau 16 dans l'unité est réglé par un trop-plein 17.*

*Pendant le fonctionnement de l'unité, l'eau à traiter est introduite à la partie supérieure du réservoir par un tuyau d'amenée 18 et recoule à travers la structure de filtration 14 et le milieu de support 13 pour arriver au niveau d'écoulement 12, l'eau potable étant alors récupérée par le tuyau d'évacuation 19 comportant une vanne. Si pendant l'utilisation la structure de filtration se bloque elle peut être facilement remplacée par une nouvelle.*

*L'unité représentée par les figures 3 et 4 comporte des panneaux de filtrage verticaux à travers lesquels l'eau coule dans une direction généralement horizontale depuis une conduite d'amenée 20 vers une conduite d'évacuation 21, le niveau d'eau étant contrôlé par un trop-plein 22. Le système de filtration est constitué de structures de filtration 23 selon l'invention, attachées par leurs bords à des blocs 24 d'un milieu de support poreux, placés verticalement à intervalles réguliers dans le réservoir d'eau.*

*Dans le cas de l'unité selon les figures 3 et 4, lorsqu'une structure de filtration finit par se bloquer, elle peut facilement être remplacée, en même temps que son bloc de support 24, sans qu'il faille arrêter l'unité tout entière. C'est là un avantage évident par rapport aux unités représentées aux figures 1 et 2.*

*Dans une utilisation expérimentale de chacune des unités représentées, on a réalisé des éliminations élevées de microorganismes pathogènes en quelques heures après le début de la réactivation des bactéries supportées.*

*Les exemples suivants décrivent la préparation de deux modes de réalisation de notre structure de filtration et l'utilisation de l'une d'entre elles à la purification de l'eau contaminée. Dans les deux cas, on a utilisé la bactérie préférée, mentionnée plus haut ; celle-ci est identifiée par le numéro de dépôt NCIB 40121.*