

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 26.12.06.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 27.06.08 Bulletin 08/26.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : DEGREMONT Société anonyme —
FR.

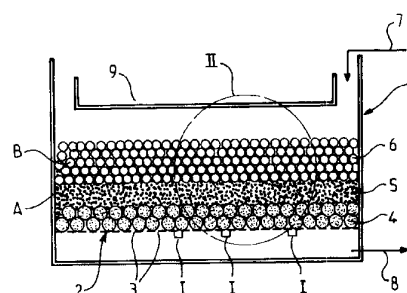
72 Inventeur(s) : BONNELYE VERONIQUE et VION
PATRICK.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : CABINET ARMENGAUD AINE.

54 DISPOSITIF ET PROCEDE DE FILTRATION D'EAU, EN PARTICULIER D'EAUX DE SURFACE.

57 Dispositif de filtration d'eau comportant un plancher (2) au-dessus duquel sont positionnées une première couche (5) d'un premier média (A) ayant des grains de diamètre moyen D_a , de densité élevée et une seconde couche (6) d'un second média (B) ayant des grains de diamètre moyen D_b , de densité plus faible que celle du premier média (A), D_b étant supérieur à D_a . Une arrivée d'eau à filtrer (7) est prévue dans la partie supérieure et une sortie d'eau filtrée (8) au-dessous de la seconde couche. Le diamètre moyen D_b est tel qu'entre les particules du second média (B) existent des interstices ayant des dimensions suffisantes pour permettre un écoulement gravitaire des particules du premier média (A); le second média (B) a une vitesse de fluidisation supérieure à celle du premier média (A) et des moyens d'injection (I) d'un fluide de lavage sont prévus au niveau du plancher (2) pour injecter le fluide avec une vitesse voisine de la vitesse de fluidisation du second média (B).



DISPOSITIF ET PROCEDE DE FILTRATION D'EAU, EN PARTICULIER D'EAUX DE SURFACE.

5 La présente invention est relative à un dispositif de filtration d'eau, en particulier d'eaux de surface, comportant un plancher au-dessus duquel sont positionnées une première couche de grains d'un premier média, de densité élevée et une seconde couche de grains d'un second média de densité plus faible que celle des grains du premier média, le diamètre moyen des grains du
10 premier média étant inférieur à celui des grains du second média, le dispositif comprenant de plus une arrivée d'eau à filtrer dans la partie supérieure du dispositif au-dessus de la seconde couche et une sortie d'eau filtrée au-dessous de la première couche.

 La clarification des eaux de surface, élimination de la turbidité et des
15 particules, peut être réalisée par coagulation et filtration sur média granulaire, par association d'une coagulation – décantation ou flottation suivie d'une filtration sur média granulaire. Si la qualité de l'eau à traiter est bonne, le traitement de décantation ou flottation peut être supprimé de la filière de traitement, et l'on parle de filtration directe.

20 Il est reconnu que les filtres composés de couches de média multiples sont caractérisés par une capacité de rétention de matière plus élevée et une qualité d'eau filtrée supérieure à un filtre ne comportant qu'une couche de média de hauteur et de granulométrie équivalentes et lavé par simple mise en fluidisation.

25 L'emploi de filtre multimédia comportant plus de deux médias de filtration différents, typiquement trois à cinq médias, vise à se rapprocher d'un filtre idéal où la granulométrie évoluerait inversement au sens de filtration, les grains les plus gros étant localisés en surface du média, en contact avec l'eau à filtrer, et la taille granulométrie s'abaissant au fur et à mesure de l'affinage de
30 l'eau filtrée.

 Les filtres sont caractérisés principalement par leur seuil de coupure, paramètre directement lié à la granulométrie des médias mis en œuvre et à la hauteur de média. Le choix du filtre, et principalement son seuil de coupure, est fonction de l'objectif de qualité et du taux de rétention des particules durant la
35 filtration.

 Dans un objectif de désinfection poussée, ou pour l'alimentation de procédés sensibles au colmatage comme les membranes d'osmose inverse, le

traitement des eaux de surface nécessite la mise en œuvre de procédés de clarification performants. Le filtre bicouche, associé à une coagulation optimisée répond parfaitement à cet objectif. Dans ce cas, on choisira un média de faible granulométrie.

5 Ce choix va à l'encontre de la capacité de rétention en matières en suspension du filtre, et aboutit à des durées de cycles de filtration incompatibles avec un fonctionnement industriel. Dans ce cas, l'application d'un filtre mettant en œuvre plusieurs matériaux de granulométries différentes est choisie.

10 Le filtre comprend un support, appelé plancher, sur lequel sont positionnés les médias granulaires.

Le plancher peut être de nature poreuse, couche de gravier, tuyaux équipés de buses, plancher équipé de buses, cette dernière solution permettant la répartition des fluides de lavage, air et eau.

Le lit filtrant comprend généralement :

15 - éventuellement une ou plusieurs couches de gravier de grosse granulométrie pour protéger le plancher poreux et/ou les buses d'un contact direct avec les médias de filtration,

- une couche de média de granulométrie fine, de densité élevée, le plus souvent du sable ou du grenat,

20 - une couche de média de granulométrie plus grossière, de densité plus faible, le plus souvent de l'antracite ou de la pierre ponce.

Le lavage d'un filtre de ce type se déroule généralement de la façon suivante:

25 - après arrêt du cycle de filtration, le niveau d'eau au-dessus du lit filtrant est abaissé, généralement par filtration,

30 - une phase de brassage à l'air est appliquée, l'air étant introduit par le dessous du plancher et réparti sur toute la section du filtre au moyen du plancher poreux ou équipé de buses. Cette phase est la partie énergique du lavage : les grains de média sont soumis à une agitation, il y a abrasion de la couche de particules/flocs retenus lors de la filtration. Durant cette phase, on assiste aussi à un mélange des couches de média de filtration,

35 - une phase de rinçage à l'eau seule, qui a pour but d'évacuer les particules précédemment séparées de l'eau et retenues dans le filtre, et de reclasser les différents médias afin de conserver au filtre son seuil de coupure et sa capacité de rétention.

Des variantes à ce lavage sont utilisées, notamment le lavage à l'eau seule par simple mise en expansion des médias : ce lavage présente pour

principal inconvénient une inefficacité dans la séparation des floccs/média, qui conduit rapidement à la formation de « mud balls » ou agglomérats de boues et à une accumulation de matière dans le filtre au détriment de la capacité de rétention du média et à la durée de cycle de filtration. La qualité de l'eau filtrée
5 peut être affectée par cette accumulation de matière et on assiste à une crevaision prématurée des particules, voire à un développement de biofilm c'est-à-dire d'un film composé de micro-organismes se développant à la surface du filtre, lié à la faible énergie mise en œuvre et à l'absence d'abrasion durant le lavage.

10 Une autre variante consiste à appliquer une phase de lavage mettant en œuvre de l'air et de l'eau, phase qui vient s'intercaler entre la phase air seul et la phase eau seule précédemment décrites, et qui permet d'améliorer l'efficacité de brassage et de transport de la matière retenue lors de la filtration. Cette phase se déroule cependant sans déversement pour éviter la perte de
15 média, sauf si l'organe de récupération des eaux sales de lavage est équipé d'un dispositif spécifique.

Dans tous ces exemples, l'opération de nettoyage du filtre (de préférence à l'air) implique un mélange important des deux couches de média. Après nettoyage, un reclassement des deux médias, c'est-à-dire une
20 reconstitution des couches correctement superposées, doit pouvoir s'opérer par la fluidisation des deux couches.

L'application d'une coagulation sur filtre, ou d'une filtration derrière une première étape de clarification par coagulation, floculation, décantation ou flottation, présente des limites du fait du compromis nécessaire à l'association
25 de deux médias granulaires de densité et de granulométries différentes, afin de permettre le reclassement des deux médias et assurer ainsi les deux objectifs de rétention de matières en suspension et de qualité d'eau requis.

Selon l'état de la technique, le couple granulométrie / densité est généralement choisi de telle façon que le taux de mélange recherché durant la
30 phase de nettoyage soit équivalent pour les deux médias et compris dans une fourchette de 5 à 30 %, typiquement entre 10 et 20 %. Le taux de mélange est la proportion de la masse filtrante où les deux médias sont mélangés .

Le taux d'expansion (c'est-à-dire le taux d'augmentation du volume apparent durant la phase de fluidisation) des deux matériaux doit être
35 compris entre 10 et 20 % pour assurer un bon lavage (évacuation des matières accumulées) et un reclassement correct.

Pour avoir une capacité de rétention importante de matières en

suspension dans le filtre et par conséquent une fréquence de lavage raisonnable, il faut un matériau de gros diamètre dans la couche supérieure pour stocker les matières en suspension sans engendrer une perte de charge importante.

5 Pour obtenir une eau filtrée de la meilleure qualité possible, il faut un matériau de faible granulométrie dans la couche inférieure.

Or, compte tenu de la densité des matériaux généralement disponibles, notamment le sable et l'anhracite, et de leur masse volumique, (respectivement 2.6 et 1.4 kg/L), il s'avère impossible d'avoir des matériaux de
10 diamètres suffisamment différents pour atteindre en même temps ces deux objectifs : le rapport des diamètres est généralement de 2 ou 2,5 pour du sable et de l'anhracite. La limite de 2.5 pour le rapport des diamètres anhracite/sable est communément reconnue. On peut se référer pour cela au document de CONLEY, W.R et HSIUNG K.Y, "Filter design and application" JAWWA,
15 February 1969, p97-101.

Ceci est une contrainte, compte tenu des différents médias granulaires utilisés. Le filtre bicouche sera donc soit bien adapté à la rétention de matières en suspension, au détriment du seuil de coupure, soit adapté à la rétention de particules, au détriment de la durée des cycles de filtration. Cela
20 conduit souvent à la réalisation de deux étages de filtre bicouche.

L'invention a pour but surtout d'associer des matériaux granulaires permettant d'atteindre les deux objectifs de qualité d'eau filtrée et de rétention de matière en suspension avec une durée de cycle importante.

Selon l'invention un dispositif de filtration d'eau, en particulier d'eaux
25 de surface, comportant un plancher au-dessus duquel sont positionnés une première couche d'un premier média ayant des grains de diamètre moyen D_a , de densité élevée et une seconde couche d'un second média ayant des grains de diamètre moyen D_b , de densité plus faible que celle des grains du premier média, D_b étant supérieur à D_a , le dispositif comprenant de plus une arrivée
30 d'eau à filtrer dans la partie supérieure du dispositif au-dessus de la seconde couche et une sortie d'eau filtrée au-dessous de la première couche, est caractérisé en ce que :

- le rapport des diamètres moyens de grains D_b/D_a est tel qu'entre les grains du second média existent des interstices ayant des dimensions
35 suffisantes pour permettre, après nettoyage, un écoulement gravitaire des grains du premier média à travers la seconde couche,
- le second média a une vitesse de fluidisation supérieure à celle du

premier média,

- et des moyens d'injection d'un fluide de nettoyage sont prévus au niveau du plancher pour injecter le fluide avec une vitesse voisine de la vitesse de fluidisation du second média.

5 Lors de la phase de brassage (à l'air) le taux de mélange est compris entre 70% et près de 100%. Selon l'invention, lors de la phase de rinçage, la première couche de média A dont une grande partie se reforme rapidement sera entièrement fluidisée alors que la seconde couche B mélangée à A amorcera un début de détassage correspondant au début de fluidisation de B ,
10 accentué par le fait même du mélange qui en réduisant la porosité apparente du média (de plus de 50% pour B à 30% ou 40% dans les tranches basses du mélange B+A) abaisse la vitesse de fluidisation. Dans cette phase de rinçage, il y a donc fluidisation d'une partie de A rapidement reformé et une fluidisation significative du mélange B+A (expansion 5 à 15 %) de la zone de mélange
15 B+A. Cette fluidisation du mélange B+A permet un reclassement partiel (augmentation de A et gradient de concentration de A dans B décroissant du bas au haut de la zone de mélange). A la fin de la phase de rinçage où des grains de A se trouvent encore au dessus du lit filtrant, se réalise un classement gravitaire où les grains de A redescendent sous l'action de la pesanteur au
20 travers les interstices des tranches supérieures de B. On se trouve donc devant une sorte de tricouche (A, B+A, B).

Avantageusement, le rapport D_b / D_a est supérieur à trois. A ce ratio correspond une vitesse de fluidisation de la seconde couche égale ou supérieure à deux fois la vitesse de fluidisation de la première couche.

25 L'invention est également relative à un procédé de nettoyage d'un tel dispositif.

Selon l'invention, un procédé de filtration d'eau, en particulier d'eaux de surface, met en œuvre un dispositif de filtration comportant un plancher au-dessus duquel sont positionnés une première couche d'un premier média ayant des grains de diamètre moyen D_a , de densité élevée et une seconde couche
30 d'un second média ayant des grains de diamètre moyen D_b , de densité plus faible que celle des grains du premier média, D_b étant supérieur à D_a , une arrivée d'eau à filtrer étant prévue au-dessus de la seconde couche et une sortie d'eau filtrée au-dessous de la seconde couche, et est caractérisé en ce
35 que :

- le rapport des diamètres moyens de grains D_b/D_a est tel qu'entre les grains du second média B existent des interstices ayant des dimensions

suffisantes pour permettre d'une part, lors de la phase de rinçage, un mélange B+A à très faible porosité qui réalise une expansion du mélange supérieure à celle de B seul et suffisante pour assurer un rinçage efficace et un reclassement acceptable, et d'autre part, après rinçage, un écoulement gravitaire des grains du premier média A à travers la seconde couche B qui permet d'obtenir une couche supérieure de B exempte de A,

- le second média a une vitesse de fluidisation supérieure à celle du premier média,

- et l'on injecte à travers le plancher un fluide à une vitesse supérieure à la vitesse de fluidisation du premier média A et proche de la vitesse de fluidisation du second média B.

Avantageusement, on injecte le fluide à une vitesse égale à la vitesse de fluidisation du second média B qui garantit une fluidisation et un reclassement minimaux de la zone de mélange B+A et l'évacuation des matières filtrées en haut du lit filtrant où B est très majoritaire. Le fluide injecté peut être de l'air. On peut injecter le fluide pendant une durée inférieure à 30 secondes.

Le fluide de rinçage est de l'eau filtrée injectée pendant un temps généralement inférieur à 10mn.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront dans la description qui suit d'un mode de réalisation avec référence aux dessins annexés mais qui n'a aucun caractère limitatif. Sur ces dessins :

Fig. 1 est une vue en coupe d'un filtre bicouche selon l'invention,

Fig. 2 est un détail agrandi de Fig. 1,

Fig. 3 est un détail de Fig. 1 à une échelle plus grande que Fig. 2, et

Fig. 4 est un graphe représentant :

- d'une part une courbe Cm de variation du pourcentage de mélange en volume des deux médias lors de l'opération de nettoyage, avec en ordonnée le pourcentage de mélange et en abscisse la vitesse de l'eau de rinçage. Au départ après la phase de brassage à l'air, le mélange Cm est généralement compris entre 70% et près de 100%. Sur le graphe, c'est le point avant la phase de rinçage/reclassement donc à vitesse =0.

- d'autre part deux courbes d'expansion Ca, Cb correspondant aux deux médias A et B, avec en ordonnée le pourcentage d'expansion en volume apparent et en abscisse la vitesse de l'eau de lavage ou de rinçage.

Afin de pouvoir obtenir une eau de très grande qualité et des durées de cycle importantes, l'invention associe une première couche de grains d'un premier média naturel de faible granulométrie et de densité élevée, à une seconde couche de grains d'un second média naturel de granulométrie plus

élevée et de densité plus faible, les vitesses de fluidisation des deux médias n'étant pas similaires pour une hauteur d'expansion de chaque média de 5 à 30 % typiquement de 10 à 20 %.

Pour cela on utilise deux matériaux A et B de densités différentes
5 avec des grains de diamètres moyens D_a , D_b tels que $D_b / D_a \geq 3$. D_b / D_a est typiquement compris entre 3 et 8. Les vitesses de fluidisation et de sédimentation de A sont plus faibles que celles de B.

Dans la zone B+A, la porosité diminue (pour l'antracite la porosité ou zone de vide entre grains est comprise entre 50 et 55% et pour la zone de
10 mélange elle passe en dessous 40%) , et donc d'après les lois de Kozeny-Carman la vitesse minimum de fluidisation diminue ou encore pour une vitesse de fluidisation donnée, la vitesse d'expansion augmente.

On peut aussi parler des survitesses réalisées dans cette zone de mélange qui complètent le nettoyage et le déplacement des matières filtrées du
15 filtre.

Les ouvrages de génie civil nécessaires ne comportent pas de différences notables avec ceux de l'état de la technique. La structure du filtre de l'invention est illustrée Fig. 1. On utilise un bassin 1 comportant dans sa partie basse un plancher 2 muni d'orifices 3 et de moyens d'injection I.

20 Sur le plancher 2 est disposée une couche 4 de gravier de grosse granulométrie pour protéger le plancher et les buses d'un contact direct avec les médias de filtration.

Une première couche 5 d'un média A de diamètre moyen D_a est disposée au-dessus de la couche 4. Une seconde couche 6 d'un média B de
25 diamètre moyen D_b supérieur à D_a est disposée au-dessus de la couche 5. La disposition des couches est plus particulièrement visible sur le détail illustré Fig.2.

Une arrivée 7 d'eau à traiter est prévue en partie haute au-dessus de la seconde couche 6. Une sortie 8 d'eau traitée est prévue en partie basse, au-
30 dessous du plancher 2 et de la première couche 5.

Une goulotte 9 de réception des déchets et floccs est prévue au-dessus de la couche 6.

La hauteur de la goulotte 9, par rapport à la couche 6 au repos, est calculée pour permettre l'évacuation des déchets sans perdre les matériaux A
35 et B.

Lors du nettoyage / rinçage, assuré par un courant de fluide, généralement de l'eau de lavage , injecté de bas en haut par les moyens

d'injection I, la vitesse du courant injecté est choisie voisine de (c'est-à-dire égale ou légèrement supérieure à) la vitesse de fluidisation de la seconde couche B.

Sur la base des connaissances techniques antérieures, un homme du métier n'accepterait pas de telles conditions car elles devraient conduire au mélange des matériaux des couches ou du moins au non reclassement et à la déstructuration du filtre après lavage avec passage de la couche fine A au-dessus de B. L'objectif ne serait alors pas atteint, la capacité du filtre devenant alors très faible.

Le résultat effectif est surprenant et contredit cette première analyse du fait des conditions opératoires mais surtout du fait de la différence importante entre les diamètres des matériaux. On constate le processus exposé ci-après.

La vitesse de lavage est définie pour un couple A/B. Les courbes Ca et Cb visibles sur Fig. 4 illustrent le pourcentage d'expansion des médias A et B en fonction de la vitesse d'injection de l'eau de lavage.

La courbe Cm représente le pourcentage en volume de la zone où A et B sont mélangés lors de l'opération de lavage, en fonction de la vitesse d'injection de l'eau de lavage. Le % Cm à la vitesse =0, correspond à l'état du mélange à la fin de la phase de brassage à l'air (entre 70 et près de 100%). Lors de l'opération de lavage, le reclassement se fait plus ou moins en fonction de la vitesse d'eau de lavage. On choisit une vitesse de lavage dans la zone encadrée par des pointillés, correspondant au minimum de Cm, ce qui correspond également à l'amorce de Cb, c'est-à-dire au début de fluidisation du second média B, alors que le premier média A est déjà fluidisé.

Le minimum de Cm encore relativement élevé, d'environ 50% (entre 30 et 60% suivant les cas) pourrait conduire à ne pas utiliser un tel couple A/B.

Mais, grâce à la descente par gravité des grains du média A à travers la seconde couche B après lavage, une couche de média B exempte de A se forme en haut du filtre.

Un reclassement est donc possible selon l'invention, avec restructuration du filtre en trois couches : A, mélange B+A, B.

Pour le nettoyage, on utilise des buselures pour injecter de l'eau filtrée à travers le plancher 2 à une vitesse égale à la vitesse de fluidisation du média B.

Le matériau A partiellement et très vite reformé, se fluidise le premier

et connaît une expansion de 50 à 80%.

La zone de mélange B+A va s'expanser d'une valeur comprise entre l'expansion de A et l'expansion de B, généralement comprise entre 5 et 15% . Cette expansion s'avère suffisante pour le lavage et un reclassement partiel.

5 Le matériau B s'accumule en surface. Il commence sa fluidisation, son taux d'expansion est assez faible (quelques % à 10 %) mais suffisant pour assurer un détassage permettant l'évacuation des matières retenues pendant la filtration. Vers la fin du lavage, on peut constater qu'une couche du matériau A recouvre toute la surface du lit.

10

L'élimination totale de A dans la tranche supérieure de B est réalisée gravitairement lors de l'arrêt du lavage.

Les deux matériaux A et B ont des densités différentes et des diamètres de grains de préférence tels que $D_b / D_a > 4$. Les vitesses de fluidisation et de sédimentation de A sont plus faibles que celles de B.

15

On pourrait donc s'attendre à ce que le reclassement soit impossible.

L'expérience a montré que ce n'est pas le cas contrairement à ce que l'homme du métier pouvait supposer.

20

Lors du lavage, une couche de matériau A apparaît rapidement car il se forme un « pseudo liquide » de densité assez grande avec le matériau A qui a tendance à faire « flotter » les éléments ou grains du média B plus légers se présentant à l'interface. (modèle de T.R. Camp discuté par Cleasby : J.L. Cleasby « Intermixing of dual media and multi-media granular filters »- JAWWA, April 1975, pp 195-203.)

25

Le mélange B+A crée par le brassage a une porosité globale très faible du fait du rapport D_b / D_a élevé qui permet au matériau A de se loger dans les interstices importants du matériau B. Du fait de sa porosité réduite, la vitesse de fluidisation du mélange est bien plus faible. En conséquence, l'expansion du mélange B+A est plus forte (de quelques %) que celle de B à la même vitesse de lavage. Cette expansion est suffisante pour réaliser un bon rinçage. On observe un reclassement important dans les tranches supérieures et partiel dans les zones basses du mélange. Ce phénomène inattendu peut s'expliquer par le modèle du pseudo liquide (voir plus haut) de forte densité formé par A qui à l'interface fait flotter les éléments du média B et absorbe les éléments du média A. Une trop forte vitesse de fluidisation conduit comme l'indique la courbe de la fig 4 à remélanger les médias en privilégiant les

35

phénomènes de fluidisation et d'entraînement au détriment du phénomène du pseudo liquide.

Lors de l'arrêt du lavage, le lit descend et lorsque le matériau B a fini de décanter, les grains sont en contact les uns avec les autres. Les grains de A qui se trouvent encore au-dessus et dans la tranche supérieure du matériau B descendent par gravité dans les interstices situés entre les grains de B jusqu'à leur remplissage. Le diamètre équivalent moyen des interstices est de deux à six fois plus grand que celui des grains de A. Il y a donc un arrangement gravitaire dans la phase d'arrêt qui permet d'obtenir une couche B supérieure exempte d'éléments du média A.

On se trouve alors bien devant d'une sorte de tri-couche plus particulièrement visible Fig. 2.

Si l'on part d'un filtre bicouche dont la première couche A représente 45 % de la hauteur totale et la seconde couche B représente 55 % de la hauteur totale, on peut constater l'arrangement suivant après lavage:

- une couche inférieure 5 de matériau A représentant 30 à 40 % de la hauteur totale,
- une couche supérieure 6 de matériau B représentant 10 à 30 % de la hauteur totale,
- une zone intermédiaire 10 d'un mélange A/B, représentant 30 à 60 % de la hauteur totale, avec un gradient de concentration de A dans B, de A fortement concentré en bas à A faiblement concentré en haut.

Exemple 1

Pour un premier exemple de réalisation, le média A est constitué de sable dont les grains ont un diamètre moyen (taille effective) de 0.3 mm, et de vitesse minimale de fluidisation 5 m/h. Le second média B est constitué d'antracite dont les grains ont un diamètre moyen (taille effective) de 1.5 mm et de vitesse minimale de fluidisation 35 m/h. La vitesse de rinçage à l'eau à appliquer est de 35 m/h à 20°C.

Exemple 2

Pour un second exemple de réalisation, le média A est constitué de sable de taille effective 0.3 mm et de vitesse minimale de fluidisation 5 m/h. Le second média B est constitué de pierre ponce de taille effective 1.7 mm et de vitesse minimale de fluidisation 30 m/h. La vitesse de rinçage à l'eau à appliquer est de 30 m/h à 20°C.

En production, les résultats sont aussi étonnants.

Exemple 3

5 Afin d'illustrer les gains obtenus par l'invention en termes d'efficacité de filtration et de productivité, une étude comparative a été réalisée en filtration directe d'eau de mer, après coagulation avec un sel de fer. Le tableau ci-dessous récapitule les résultats de cette étude.

Filtre	Matériaux		Durée de cycle de filtration (H)	Qualité de l'eau filtrée (moyenne sur un cycle de filtration)		
	anthracite	sable		turbidité (NTU)	Silt Density Index (ASTM 4189-95)	particules >2 µm/mL
1	TE 1.5 mm	TE 0.75 mm	32	0.25	5.2	148
2 (invention)	TE 1.5 mm	TE 0.3 mm	31.5	0.072	2.5	25
3	TE 0.75 mm	TE 0.3 mm	5	0.086	3.1	45

10 Le filtre 1 équipé de média Anthracite 1,5 et sable 0.75 a une durée de cycle de filtration élevée, mais la qualité de l'eau filtrée est dégradée et incompatible avec une alimentation de membrane d'osmose inverse.

Le filtre 3 équipé de média de granulométrie plus faible possède une qualité d'eau améliorée, mais la durée de cycle de filtration est très courte et
15 incompatible avec un fonctionnement industriel.

Seul le filtre 2, avec des matériaux sélectionnés suivant l'invention, permet d'atteindre les objectifs de qualité tout en maintenant une durée de cycle de filtration élevée, généralement supérieure à 24 h sur les applications traditionnelles.

20 L'efficacité du lavage est démontrée par un suivi sur plusieurs cycles de filtration de la perte de charge du média filtrant après lavage. La perte de charge après lavage reste stable au cours du temps sur plusieurs cycles, ce qui permet de confirmer l'efficacité du lavage du média.

La qualité de l'eau filtrée est compatible avec les niveaux d'exigences élevés des procédés de dessalement et ceci en un seul étage de filtration.

5 Cette invention comporte de nombreux avantages. Elle permet notamment une rétention de matières en suspension élevée, assurant des durées de cycles de filtration longues et une diminution des pertes d'eau de lavage et de l'énergie consommée.

10 L'invention autorise également des seuils de coupure très bas permettant d'assurer une excellente élimination des particules et floccs, et ceci avec un seul étage de filtration. Ceci contraste avec les habitudes actuelles où l'obtention d'une telle efficacité est généralement réalisée par la mise en œuvre de deux étages de filtration, le premier retenant le maximum de matières en suspension.

15 L'invention permet en outre un lavage efficace avec des vitesses en eau plus faibles que celles généralement employées pour la mise en expansion de tous les matériaux de 10 à 30%, ce qui conduit à des équipements de lavage de taille et donc d'un coût d'investissement plus faible.

20 En particulier, l'invention peut permettre une alimentation de membranes d'osmose inverse avec un seul étage de filtre bicouche. Au moins deux étages de filtre bicouche selon l'état de la technique étaient habituellement nécessaires pour alimenter directement des membranes d'osmose inverse. La multiplication des étages de filtre bicouche ou de dispositifs ayant la même fonction augmente le coût d'investissement et l'emprise foncière de l'installation.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de filtration d'eau, en particulier d'eaux de surface, comportant un plancher (2) au-dessus duquel sont positionnées une première couche (5)
5 d'un premier média (A) ayant des grains de diamètre moyen D_a , de densité élevée et une seconde couche (6) d'un second média (B) ayant des grains de diamètre moyen D_b , de densité plus faible que celle des grains du premier média (A), D_b étant supérieur à D_a , le dispositif comprenant de plus une arrivée d'eau à filtrer (7) dans la partie supérieure du dispositif au-
10 dessus de la seconde couche (6) et une sortie d'eau filtrée (8) au-dessous de la première couche (5), caractérisé en ce que :
 - le rapport des diamètres moyens de grains D_b/D_a est tel qu'entre les grains du second média (B) existent des interstices ayant des dimensions suffisantes pour permettre, après nettoyage, un écoulement
15 gravitaire des grains du premier média (A) à travers la seconde couche,
 - le second média (B) a une vitesse de fluidisation supérieure à celle du premier média (A),
 - et des moyens d'injection (I) d'un fluide de nettoyage sont prévus au niveau du plancher (2) pour injecter le fluide avec une vitesse voisine de
20 la vitesse de fluidisation du second média (B).
2. Dispositif de filtration de l'eau selon la revendication 1, caractérisé en ce que le rapport D_b / D_a est supérieur à trois.
- 25 3. Dispositif de filtration de l'eau selon la revendication 2, caractérisé en ce que le rapport D_b / D_a est compris entre trois et huit.
4. Dispositif de filtration de l'eau selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la vitesse de fluidisation de la seconde couche est égale
30 ou supérieure à deux fois la vitesse de fluidisation de la première couche
5. Procédé de filtration d'eau, en particulier d'eaux de surface, mettant en œuvre un dispositif de filtration comportant un plancher au-dessus duquel sont positionnés une première couche d'un premier média A ayant des grains de
35 diamètre moyen D_a , de densité élevée et une seconde couche d'un second média B ayant des grains de diamètre moyen D_b , de densité plus faible que celle des grains du premier média, D_b étant supérieur à D_a , une arrivée d'eau à

filtrer étant prévue au-dessus de la seconde couche et une sortie d'eau filtrée au-dessous de la première couche, caractérisé en ce que :

- 5 - le rapport des diamètres moyens de grains D_b/D_a est tel qu'entre les grains du second média B existent des interstices ayant des dimensions suffisantes pour permettre d'une part, lors de la phase de rinçage, un mélange B+A à très faible porosité qui réalise une expansion du mélange supérieure à celle de B seul et suffisante pour assurer un rinçage efficace et un reclassement acceptable, et d'autre part, après rinçage, un écoulement gravitaire des grains du premier média A à travers la seconde couche B qui
10 permet d'obtenir une couche supérieure de B exempte de A
 - le second média a une vitesse de fluidisation supérieure à celle du premier média,
 - et l'on injecte à travers le plancher un fluide à une vitesse supérieure à la vitesse de fluidisation du premier média et proche de la vitesse de fluidisation
15 du second média.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'on injecte le fluide à une vitesse égale à la vitesse de fluidisation du second média (B).

20 7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que le fluide injecté est de l'eau.

8. Procédé selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que le fluide injecté est de l'air.

25

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que l'on injecte le fluide pendant une durée inférieure à 30 secondes.

1/2

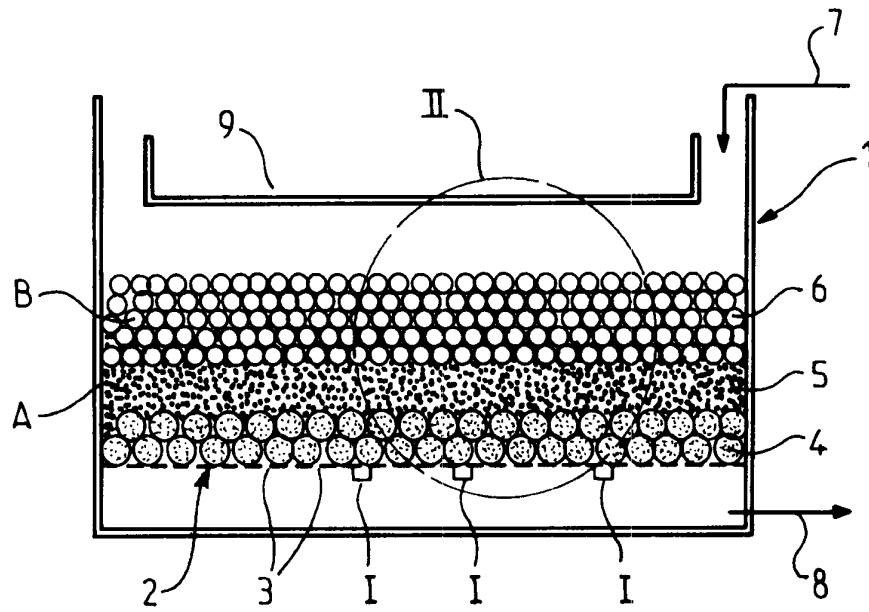


FIG. 1

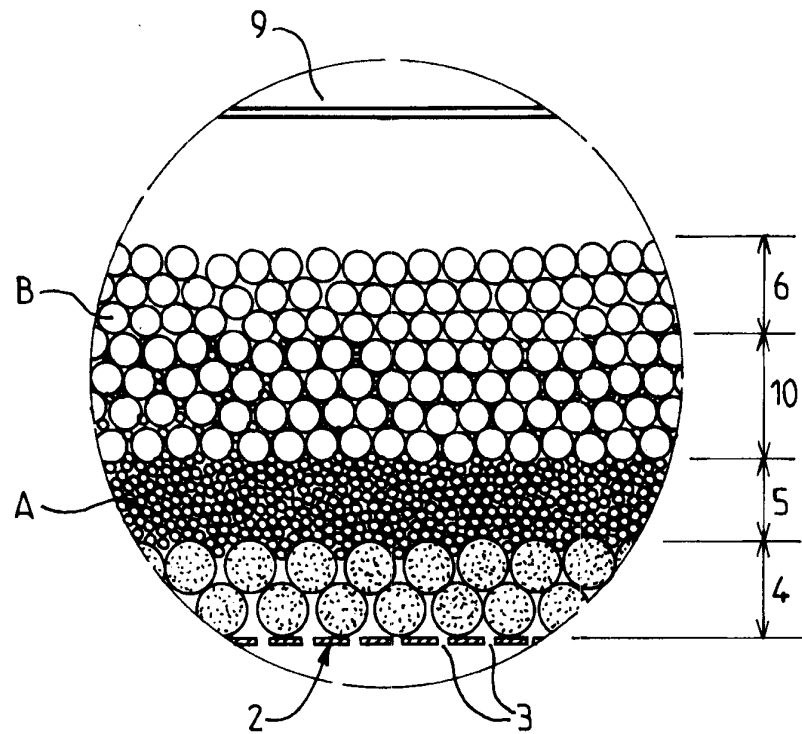


FIG. 2

2/2

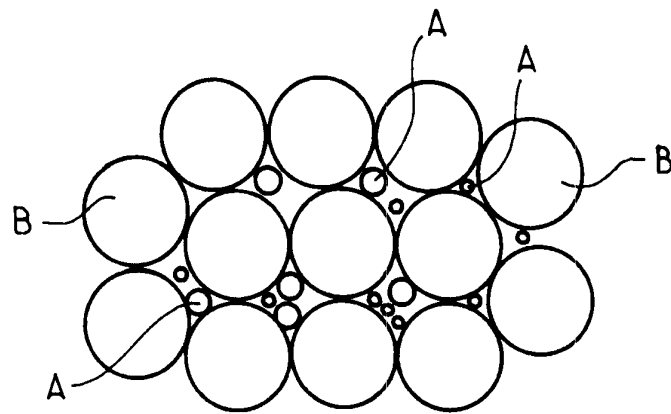


FIG. 3

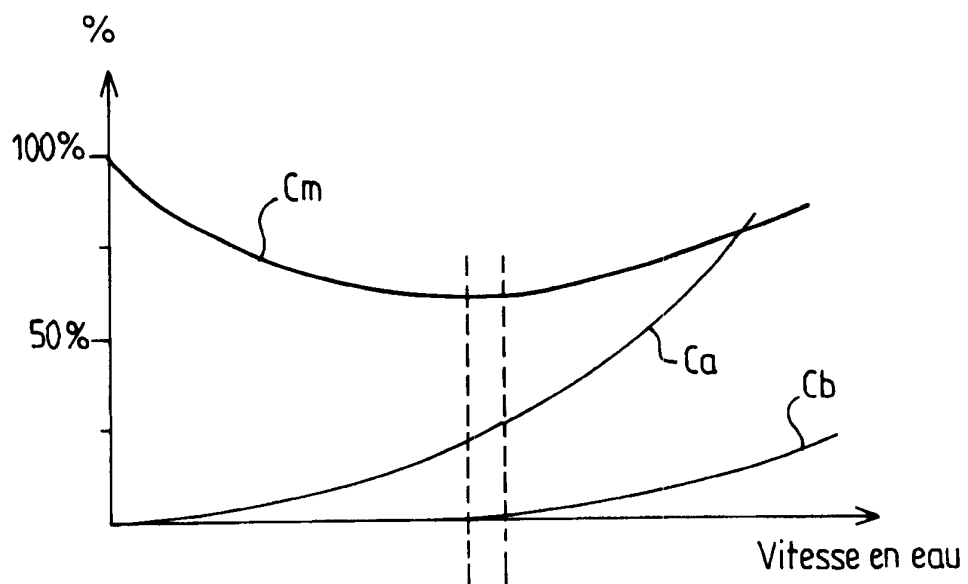


FIG. 4

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 690303
FR 0611376

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2006/027511 A1 (BROWN CRAIG J [CA] ET AL) 9 février 2006 (2006-02-09) * alinéas [0020], [0021], [0027] - [0030], [0041] - [0051]; figures 2,3 * -----	1-9	C02F1/28
X	US 4 668 405 A (BOZE RONALD A [US]) 26 mai 1987 (1987-05-26) * colonne 6, ligne 55 - colonne 7, ligne 11; figures 1,4-6; exemples IV,V * * colonne 4, ligne 29-64; revendications 1-3,7 * -----	1,5-8	
X	US 3 814 247 A (HIRS G) 4 juin 1974 (1974-06-04) * revendication 1; figure 1 * -----	1,5	
X	US 3 876 546 A (HSIUNG ANDREW K ET AL) 8 avril 1975 (1975-04-08) * colonne 9, ligne 4,5; tableau VII * -----	1,5	
X	US 2004/129653 A1 (SPRUCE FREDERICK [GB]) 8 juillet 2004 (2004-07-08) * alinéas [0011], [0045], [0053] - [0056]; figures 1,2; tableau * -----	1-3	
A	US 4 197 205 A (HIRS GENE [US]) 8 avril 1980 (1980-04-08) * colonne 4, ligne 1-62; figures 1-5 * * colonne 7, ligne 18-54 * -----	1-9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	US 4 190 533 A (HIRS GENE [US]) 26 février 1980 (1980-02-26) * colonne 7, ligne 2,3; revendication 1 * -----	1-9	B01D
A	US 5 350 505 A (TANG NIANFA [US]) 27 septembre 1994 (1994-09-27) * colonne 9, ligne 6-19; figures 6-8; tableau 1 * -----	1-9	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 octobre 2007		Focante, Francesca	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0611376 FA 690303**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **04-10-2007**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2006027511 A1	09-02-2006	CA 2576034 A1 WO 2006012728 A1 DE 112005001891 T5	09-02-2006 09-02-2006 14-06-2007
US 4668405 A	26-05-1987	AUCUN	
US 3814247 A	04-06-1974	JP 980232 C JP 49059356 A JP 54011945 B	18-12-1979 08-06-1974 18-05-1979
US 3876546 A	08-04-1975	AU 7575674 A BE 822837 A1 JP 50094749 A NL 7415777 A	27-05-1976 01-04-1975 28-07-1975 05-06-1975
US 2004129653 A1	08-07-2004	AU 1247402 A GB 2369069 A WO 0236234 A1	15-05-2002 22-05-2002 10-05-2002
US 4197205 A	08-04-1980	AUCUN	
US 4190533 A	26-02-1980	CA 1080132 A1 DE 2647261 A1 FR 2340759 A1 GB 1564812 A IT 1086852 B JP 52098270 A	24-06-1980 18-08-1977 09-09-1977 16-04-1980 31-05-1985 17-08-1977
US 5350505 A	27-09-1994	US 5458788 A US 5449453 A	17-10-1995 12-09-1995