

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 12.04.21.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 14.10.22 Bulletin 22/41.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SUEZ GROUPE Société par actions
simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : BARBÉ Caroline et PASTORELLI
Delia.

73 Titulaire(s) : SUEZ GROUPE Société par actions sim-
plifiée.

74 Mandataire(s) : IPAZ.

54 INSTALLATION ET PROCEDE POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU.

57 INSTALLATION ET PROCEDE POUR LE TRAITE-
MENT DE L'EAU

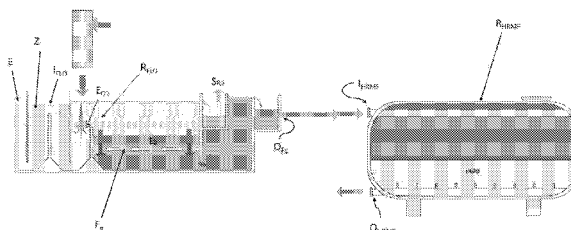
L'invention se situe dans le domaine technique du traite-
ment des eaux.

L'invention a pour objet une installation pour le traite-
ment de l'eau, comprenant : des moyens d'amenée de l'eau
à traiter A, éventuellement une zone de coagulation et/ou de
floculation Z, dans laquelle débouchent lesdits moyens
d'amenée A de l'eau à traiter E, un réacteur de flottation
RFLO comprenant une entrée et un filtre gravitaire Fg, l'eau
provenant dudit réacteur de flottation RFLO peut s'écouler
par gravité dans ledit filtre gravitaire, celui-ci présente un lit
de média filtrant monocouche réparti sur une hauteur infé-
rieure ou égale à 1 m. L'installation comprend en outre au
moins un filtre sur media haute vitesse HRMF pour filtrer
l'eau flottée-filtrée provenant du filtre gravitaire Fg.

Une installation selon l'invention peut également com-
prendre une unité de dessalement et/ou de potabilisation
par traitement membranaire, notamment par osmose in-
verse, pour dessaler et/ou potabiliser l'eau prétraitée issue
du filtre sur media haute vitesse.

L'invention a également pour objet un procédé de traite-
ment de l'eau avantageusement mis en œuvre à l'aide d'une
installation selon l'invention.

Figure 1.



Description

Titre de l'invention : INSTALLATION ET PROCEDE POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention a trait à une installation pour le traitement de l'eau en vue de sa potabilisation ou de son dessalement, et un procédé mis en œuvre à l'aide d'une telle installation. L'invention concerne plus spécifiquement un prétraitement d'eau de mer ou de saumure pour produire une eau potable ou une eau à usage industriel, en amont d'une étape de traitement membranaire (osmose inverse, nanofiltration, électrodialyse, distillation membranaire, osmose directe, déionisation capacitive, ...). L'invention peut également concerner un prétraitement d'eau peu chargée en sel, en vue de sa potabilisation.

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE

[0002] Dans le domaine du traitement de l'eau, en particulier pour le dessalement ou la potabilisation, la qualité d'une eau en amont des membranes de filtration membranaire est de la plus grande importance pour le fonctionnement d'une installation. Ce critère est d'autant plus important lorsque l'eau à traiter est de qualité particulièrement « difficile » ou lors d'épisodes ponctuels de fort développement d'algues dans l'eau à traiter.

[0003] Classiquement, un procédé de dessalement comprend une étape de filtration sur membranes d'osmose inverse, précédée d'une étape de prétraitement destinée à contrôler la qualité de l'eau traversant les membranes d'osmose, pour les préserver d'un éventuel colmatage et/ou d'une dégradation prématurée. Le prétraitement des eaux est généralement réalisé par des ouvrages indépendants tel qu'un filtre bicouche, c'est-à-dire avec au moins deux média de granulométrie différente. Le filtre bicouche peut être gravitaire ou sous pression. Les vitesses de filtration pour une première étape de pré-traitement d'eau de mer se situent typiquement :

- entre 8 et 13 m/h pour une filtration bicouche gravitaire,
- entre 10 et 15m/h pour une filtration bicouche sous pression.

Le choix des vitesses est bien entendu fonction de la qualité d'eau en entrée ainsi que du type et de la taille de média utilisé. La demande internationale WO-A-9315021 décrit ainsi une installation comprenant un filtre gravitaire à travers lequel passe l'eau préalablement traitée par flottation, à une vitesse d'environ 8 m/h. Ce filtre bicouche est d'une hauteur de 1 m et est constitué par une couche d'anthracite superposée à une couche de sable, ou alternativement par une couche de sable.

[0004] Un filtre bicouche est généralement mis en œuvre avec une filtration frontale, l'eau à

prétraiter percolant de façon verticale au travers du média filtrant, ce dernier présentant une hauteur comprise entre 1 et 2 m avec une taille de grains allant décroissant dans le sens de la filtration, généralement comprise entre 0.3 mm et 1.5 mm. Le choix de la granulométrie des deux média est critique afin d'assurer une bonne reclassification du filtre bicouche à la suite des rétrolavages. Un exemple de filtre bicouche est par exemple décrit dans la demande internationale WO-A-2008093017.

[0005] Le prétraitement peut également être réalisé dans une installation de DAF auquel fait suite un dispositif de filtration, notamment de filtration gravitaire. Différents documents de l'art antérieur décrivent un procédé de traitement de l'eau comprenant une étape de flottation à air dissous (ou « Dissolved Air Flotation » en langue anglaise, abrégé « DAF ») suivie d'une étape de filtration gravitaire, éventuellement préalables à une étape de filtration membranaire. Ces installations présentent cependant une importante emprise au sol.

[0006] Une solution à cet inconvénient est de combiner les ouvrages par la conception d'installations DAFF (DAF-Filtres) ou DAF-UF (DAF-Ultrafiltration). Dans le cas du DAFF, cela requiert cependant d'augmenter la hauteur du média filtrant, ce qui engendre un surcoût lié à la hauteur de l'ouvrage (augmentation du CAPEX (coûts d'investissements)), et des pertes de charge supplémentaires.

[0007] La demande internationale WO-A-2014044619 décrit par exemple une installation de type DAFF comprenant une zone de coagulation et une zone de floculation auxquelles est relié un réacteur de flottation, ledit réacteur de flottation communiquant avec un filtre gravitaire disposé de telle sorte que l'eau provenant du réacteur de flottation s'écoule dans le filtre gravitaire. Ledit filtre gravitaire est réparti sur une grande hauteur, celle-ci est comprise entre 1,5 m et 3 m. Le média filtrant peut être monocouche, constitué par du sable de granulométrie comprise entre 0,5 et 0,8 mm, ou multicouche, ledit média multicouche comprenant toujours au moins une couche de sable de granulométrie comprise entre 0,5 et 0,8 mm. La vitesse de l'étape de filtration à travers le filtre gravitaire est comprise entre 10 et 30 m/h.

[0008] De telles solutions DAF-Filtres de l'art antérieur tendent à l'obtention d'une qualité d'eau telle qu'aucune étape de filtration membranaire supplémentaire n'est nécessaire. De ce fait, ces installations doivent utiliser des matériaux de filtration de granulométrie fine afin d'obtenir une filtration efficace et une qualité d'eau suffisante. Ces installations comprennent en effet une couche de granulométrie de 0,5 à 0,8 mm pour l'étape finale de filtration.

[0009] Ces solutions présentent l'inconvénient d'une vitesse limitée à la vitesse du filtre, c'est-à-dire comprise entre 10 et 30 m/h, et la génération d'une importante perte de charge, la perte de charge étant proportionnelle à la hauteur et la granulométrie du média, et au débit d'alimentation. En effet, si une installation DAF « classique » (sans

filtre) peut être utilisée à une vitesse pouvant atteindre 40 m/h, dans une installation DAF-Filtre selon l'état de l'art, en présence de hauteurs de matériau classiques, la vitesse est limitée à 12 m/h (vitesse maximale de filtration gravitaire communément admise). On note d'ailleurs que l'exemple de la demande WO-A-2014044619 mentionne la vitesse de 15m/h (voir page 17 lignes 8-11).

- [0010] Un autre type de solution combinée, dénotée « e-DAF » est rapportée dans la demande internationale WO-A-2018115500. L'installation de WO-A-2018115500 permet l'application de vitesses de traitement supérieures à 30 m/h, conduisant à une eau traitée de qualité intermédiaire entre de l'eau filtrée (sur média bicouche ou sur membrane) et de l'eau flottée (en sortie d'un DAF simple). L'installation de WO-A-2018115500 comprend un filtre gravitaire qui ne requiert qu'une couche de média de hauteur inférieure à 1m, avec une granulométrie avantageusement supérieure ou égale à 1.5mm, générant peu de pertes de charge. Une telle installation de type « e-DAF » peut alors fonctionner à des vitesses plus importantes qu'un DAF Filtre (jusqu'à plus de 40 m/h), à hauteurs d'ouvrage équivalentes à celle d'un DAF conventionnel. De plus, la qualité d'eau en sortie de e-DAF étant de meilleure qualité que celle en sortie de DAF, la vitesse applicable dans les étapes de traitement subséquentes peut donc être significativement augmentée.
- [0011] La demande WO-A-2018115500 décrit en outre la mise en œuvre d'une étape d'affinage ultérieure, l'ultrafiltration. Une telle combinaison permet d'utiliser une taille de media plus importante dans l'étape de filtration gravitaire. Une telle combinaison permet ainsi d'atteindre un compromis intéressant entre pertes de charge et qualité de l'eau en sortie de l'installation « e-DAF », et d'atteindre des vitesses accrues lors de l'étape d'ultrafiltration, supérieures à 60 L.m⁻².h⁻¹ (LMH). L'ouvrage destiné à la mise en œuvre de l'ultrafiltration présente donc une emprise au sol plus faible qu'avec un système classique de type DAF-UF.
- [0012] Cependant, cette combinaison « e-DAF-UF » n'est pas adapté pour le traitement de certains types d'eau, notamment lorsque la charge organique est importante et/ou fluctuante, ou lorsque l'amplitude de température de l'eau d'entrée est importante. En effet, bien qu'efficace vis-à-vis des particules colloïdales, l'ultrafiltration (UF) présente des performances d'abattement assez faibles envers la matière organique dissoute, responsable du développement des micro-organismes pouvant générer un encrassement biologique (phénomène dénommé « biofouling » en anglais) sur les membranes d'osmose inverse.
- [0013] De plus, les membranes d'UF sont sensibles aux variations de qualité de l'eau d'alimentation – notamment les variations de viscosité qui dépendent fortement de la température - et demandent des ajustements constants, tels que des réductions du flux de production notamment.

- [0014] Par ailleurs, l'utilisation de membranes d'ultrafiltration pour des eaux présentant une charge organique importante implique une importante consommation de produits chimiques pour réaliser des nettoyages (ou rétrolavages) améliorés chimiquement (dénomé CEB ou CEBW en anglais pour « Chemically Enhanced Backwash ») afin de maintenir les performances de filtration à un flux donné. Le besoin de réaliser des rétrolavages avec ou sans produits chimiques peut ainsi induire une forte perte en eau et dégrader le taux de conversion du pré-traitement, ce qui induit un surcoût en termes énergétique, l'eau non utilisée pour la production devant néanmoins être acheminée jusqu'au système.
- [0015] De plus, le coût des membranes, devant être remplacées régulièrement, est assez important et impacte à la fois l'investissement initial et les dépenses opérationnelles.
- [0016] Enfin, les systèmes d'UF requièrent des compétences opérationnelles importantes, le système étant complexe avec de nombreux paramètres à piloter.
- [0017] Il existe donc un besoin pour un procédé permettant la mise en œuvre de vitesses de filtration élevées tout en permettant d'obtenir une eau de qualité suffisante pour être utilisée en entrée d'un procédé tel qu'une filtration en osmose inverse ou une potabilisation, et permettant de limiter le nombre de lavages (rétrolavages) et de préserver la durée de vie des équipements, et plus particulièrement des membranes d'osmose inverse, afin de limiter les coûts opérationnels du procédé (OPEX). L'installation correspondante aura de préférence une emprise au sol restreinte et une hauteur au plus équivalente aux systèmes de l'art antérieur.

Résumé de l'invention

- [0018] A cet effet, l'invention propose de combiner une installation de type « e-DAF » avec une installation adaptée pour une filtration sur media haute vitesse, le media étant de préférence monocouche.
- [0019] Ainsi, selon un premier aspect, l'invention vise une installation de traitement de l'eau comprenant :
- des moyens d'amenée de l'eau à traiter,
 - un réacteur de flottation comprenant au moins une première entrée reliée fluidiquement auxdits moyens d'amenée,
 - un filtre gravitaire, ledit réacteur de flottation étant au moins en partie superposé audit filtre gravitaire et communiquant avec lui de sorte que l'eau provenant dudit réacteur de flottation puisse s'écouler gravitairement dans ledit filtre gravitaire, pour produire de l'eau flottée-filtrée, ledit filtre gravitaire présentant un lit de média filtrant monocouche réparti sur une hauteur inférieure ou égale à 1 m, ledit filtre gravitaire comprenant en outre une sortie pour évacuer l'eau

flottée-filtrée, et

- au moins un filtre sur media haute vitesse, pour filtrer l'eau flottée-filtrée provenant du filtre gravitaire, comprenant au moins une entrée reliée fluidiquement à la sortie du filtre gravitaire, et au moins une sortie pour évacuer l'eau prétraitée.

[0020] Selon un deuxième aspect, l'invention se rapporte à un procédé de traitement d'eau en vue de sa potabilisation et/ou de son dessalement, ledit procédé comprenant au moins un cycle de traitement de ladite eau comprenant :

- a. une étape de flottation au sein d'un réacteur de flottation de l'eau à traiter, fournissant de l'eau flottée,
- b. une étape de filtration gravitaire au sein d'un filtre gravitaire de l'eau flottée provenant de ladite étape de flottation a) pour fournir de l'eau flottée-filtrée, ledit réacteur de flottation étant au moins en partie superposé audit filtre gravitaire, et ledit filtre gravitaire présentant un lit de média filtrant monocouche réparti sur une hauteur inférieure ou égale à 1 m,
- c. une étape de filtration sur media haute vitesse de l'eau flottée-filtrée issue de l'étape de filtration gravitaire, pour fournir de l'eau prétraitée.

[0021] L'eau prétraitée par le procédé peut alors servir d'eau d'alimentation d'une unité de dessalement ou d'une unité de désalinisation, notamment par osmose inverse. L'eau prétraitée peut également être amenée vers un moyen de potabilisation. En d'autres termes, l'eau prétraitée obtenue à l'étape c) est soumise à une étape subséquente de dessalement ou de potabilisation par osmose inverse.

[0022] Le procédé de l'invention peut être mis en œuvre dans une installation selon l'un des modes de réalisation décrits ci-avant ou ci-après.

[0023] De manière notable, une telle installation permet la mise en œuvre d'un procédé de prétraitement d'eau à dessaler et/ou à potabiliser, dans lequel la vitesse de l'eau prétraitée (*i.e.* issue de l'étape c)) est supérieure à 15 m/h. Ainsi, à volume traité égal, l'usine présente une empreinte au sol restreinte, et nécessite des installations significativement moins coûteuses.

[0024] En outre, la qualité de l'eau prétraitée (*i.e.* issue de l'étape c)) est suffisante pour permettre une étape immédiatement ultérieure de filtration membranaire, et notamment un traitement par osmose inverse.

[0025] L'invention peut être considérée comme une flottation suivie d'une filtration sur média bicouche que l'on aurait « découplé », c'est-à-dire que la filtration sur la première couche – généralement la couche de granulométrie plus élevée – est intégrée dans l'ouvrage de flottation qui comprend le filtre gravitaire, tandis que la filtration sur la deuxième couche – typiquement de granulométrie plus fine – est quant à elle mise en œuvre dans un filtre distinct, et haute vitesse. Ce « découplage » conceptuel a pour

conséquence :

- de permettre de s’affranchir des problématiques propres aux filtres à média bicouche : la reclassification des médias suite à un lavage (et plus particulièrement un rétrolavage), offrant ainsi un choix plus large de combinaison de granulométrie de médias, et de fait une réduction des coûts par l’utilisation par exemple d’un média de granulométrie plus importante notamment dans l’installation de « eDAF » ;
- d’obtenir une eau de qualité suffisante pour l’alimentation d’un procédé aval, notamment d’osmose inverse,
- d’augmenter la vitesse d’alimentation du prétraitement, sans pour autant compromettre la qualité de l’eau alimentant le procédé de dessalement ou de potabilisation par osmose inverse en aval.

[0026] Cette nouvelle combinaison répond en effet aux inconvénients de l’art antérieur :

- La filtration sur média haute vitesse est un procédé robuste capable d’amortir les variations de qualité d’eau, sans nécessiter d’ajustement important ;
- Il est reconnu (voir notamment Badruzzaman *et al.* Desalination 449 (2019) 78-91) que, pour des eaux à fort potentiel d’efflorescence algales, le risque de développement d’un film biologique à la surface des membranes d’osmose inverse peut être jusqu’à 2 fois plus faible avec une eau prétraitée par filtration (essentiellement gravitaire) sur média, par rapport à une eau équivalente prétraitée par ultrafiltration, malgré le fait que l’ultrafiltration produit une eau moins chargée en particules colloïdales (indice de densité du limon (Silt Density Index, SDI, en anglais) plus faible en sortie d’un prétraitement UF) ;
- Un filtre avec média ne requiert pas de nettoyage chimique, ce qui implique moins de perte en eau, et la limitation voire la suppression de besoins en produits chimiques pour le nettoyage ;
- Un filtre avec media nécessite un faible coût opérationnel, du fait que le média est rarement remplacé dans son intégralité.

EXPOSE DETAILLE

[0027] L’invention concerne donc une installation de traitement de l’eau comprenant :

- des moyens d’amenée A de l’eau à traiter E,
- un réacteur de flottation R_{Flo} comprenant au moins une première entrée I_{Flo} reliée fluidiquement auxdits moyens d’amenée A,
- un filtre gravitaire F_g , ledit réacteur de flottation R_{Flo} étant au moins en partie superposé audit filtre gravitaire F_g et communiquant avec lui de sorte que l’eau provenant dudit réacteur de flottation R_{Flo} puisse s’écouler gravitairement dans ledit filtre gravitaire F_g , pour produire de l’eau flottée-filtrée, ledit filtre gravitaire F_g présentant un lit de média filtrant monocouche réparti

- sur une hauteur inférieure ou égale à 1 m,
 ledit filtre gravitaire F_g comprenant en outre une sortie O_{Fg} pour évacuer l'eau flottée-filtrée, et
- au moins un filtre sur media haute vitesse, pour filtrer l'eau flottée-filtrée provenant du filtre gravitaire F_g , comprenant au moins une entrée I_{HRMF} reliée fluidiquement à la sortie O_{Fg} du filtre gravitaire F_g , et au moins une sortie O_{HRMF} pour évacuer l'eau prétraitée.
- [0028] L'installation est plus particulièrement une installation de dessalement ou de potabilisation d'eau.
- [0029] Par « filtre gravitaire » on entend un milieu poreux comprenant au moins une couche de média filtrant granulaire, par lequel un mélange solide-liquide est amené à percoler, les particules solides étant idéalement retenues dans les espaces intergranulaires sur la plus grande partie de la hauteur de couche. Un filtre gravitaire fait essentiellement appel à la gravité pour faire percoler l'eau et les éventuelles particules (le filtre est généralement ouvert à l'atmosphère), contrairement à un filtre haute vitesse.
- [0030] Par « media filtrant », on entend au sens de l'invention un media granulaire « actif » dans l'étape de filtration, c'est-à-dire qu'il est responsable de la filtration, soit de par ses propriétés de rétention particulières (granulométrie), de rétention organiques (biofiltration), d'adsorption ou d'absorption. La filtration peut être effective en surface ou en profondeur selon le type de media choisi. En général, le media présente une granulométrie relativement faible, notamment inférieure à 5 mm, et de préférence inférieure à 2 mm. Un media filtrant « monocouche » s'entend d'un media filtrant dont la composition est homogène tant concernant sa granulométrie que sa composition. Le lit de media filtrant pourra être déposé sur une « couche support » qui ne participe pas à la filtration : une telle couche support a pour but d'égaliser le fond du filtre, notamment en couvrant la tuyauterie. Les media employés pour la couche support sont généralement non poreux (donc « inertes » en termes de filtration), et présentent typiquement une granulométrie supérieure à celle du média filtrant, supérieure à 2 mm. Il s'agit le plus souvent de gravier ou de grenat.
- [0031] De façon particulièrement avantageuse, le lit de média filtrant monocouche du filtre gravitaire est réparti sur une hauteur égale ou supérieure à 0,2 m et inférieure ou égale à 1 m, par exemple sur une hauteur comprise entre 0.5 et 1 m.
- [0032] De façon particulièrement avantageuse, le lit de média filtrant du filtre gravitaire est constitué d'une couche d'un matériau granulaire présentant une granulométrie supérieure ou égale à 0,8 mm, de préférence supérieure ou égale à 0,8 mm et inférieure ou égale à 5 mm, et de préférence supérieure ou égale à 0,8 mm et inférieure ou égale à 4 mm.
- [0033] De façon particulièrement avantageuse, le média filtrant est constitué d'une couche

d'un matériau granulaire présentant une granulométrie égale ou supérieure à 0,8 mm, de préférence égale ou supérieure à 1,0 mm et inférieure ou égale à 5 mm, de préférence égale ou supérieure à 1,2 mm et inférieure ou égale à 3 mm, par exemple comprise entre 1,5 et 2,5 mm.

- [0034] Un matériau granulaire est caractérisé par différents paramètres, notamment la granulométrie, qui est définie par le couple : taille effective (TE) et coefficient d'uniformité (CU), la forme des grains : anguleux (matériau concassé), ronds (sable de rivière ou de mer), ou plus ou moins plats (caractérisé par un coefficient d'aplatissement), et la friabilité, qui permet de choisir les matériaux susceptibles d'être utilisés en filtration sans risque de production de particules fines (c'est-à-dire des poussières de granulométrie trop petite pour être employée) par les opérations de lavage, et la porosité.
- [0035] Le choix du média le plus approprié pour l'installation est effectué par un homme du métier selon les caractéristiques connues de chacun des matériaux. Ce choix dépend de la nature de l'eau à filtrer (filtration directe d'eau brute, filtration d'eau décantée, filtration biologique d'eau résiduaire secondaire ou tertiaire) et de la qualité de l'eau que l'on désire obtenir. Il dépend également du type de filtre utilisé et de la perte de charge disponible.
- [0036] De façon particulièrement avantageuse, le matériau granulaire est choisi parmi : l'anthracite, la pierre ponce, les argiles expansées (notamment celle connue sous la dénomination commerciale filtralite), le charbon actif, la zéolithe, des billes de verre, des billes de polymère, ou des billes de céramique. Ces différents matériaux peuvent être revêtus ou traités chimiquement ou biologiquement pour améliorer leurs propriétés.
- [0037] Selon un aspect encore plus particulier, dans une installation selon l'invention le matériau granulaire du média filtrant du filtre gravitaire est de l'anthracite, de la pierre ponce ou de l'argile expansée.
- [0038] Selon un aspect encore plus particulier, dans une installation selon l'invention le filtre gravitaire présente un lit d'anthracite monocouche, l'anthracite étant caractérisée par une granulométrie égale ou supérieure à 0,8 mm et inférieure ou égale à 5 mm, et de préférence égale ou supérieure à 1,0 mm et inférieure ou égale à 3 mm, par exemple comprise entre 1,5 et 2,5 mm. Alternativement, l'anthracite pourra être remplacée par de la pierre ponce ou de l'argile expansée.
- [0039] De façon particulièrement avantageuse, le réacteur de flottation comporte une paroi inférieure qui comporte, au moins en partie, le média filtrant. Plus particulièrement, la paroi inférieure dudit réacteur de flottation comporte le média filtrant.
- [0040] De façon particulièrement avantageuse, au moins une partie de la paroi inférieure du réacteur de flottation comporte un plancher supportant ledit média filtrant. De préférence, dans une installation selon l'invention, la paroi inférieure dudit réacteur de flottation comporte un plancher supportant ledit média filtrant. Ce dernier peut être

constitué de buselures intégrées dans des dalles de polyester armé, des dalles de béton préfabriquées ou simplement dans une dalle monolithique en béton armé. Le plancher peut également être constitué de dalles polymériques (plastique dérivé d'une polyoléfine par exemple) ou métalliques, supportant ledit média filtrant.

[0041] Le rôle dudit plancher est d'assurer :

- une distribution uniforme de l'eau filtrée en évitant les passages préférentiels lors de l'application de vitesses élevées,
- une distribution uniforme des fluides de lavage, et tout particulièrement de l'air de lavage,
- une étanchéité à l'air et à l'eau, notamment en phase de lavage,
- une tenue mécanique aux efforts ascendants (lavage) et descendants (filtration, vidanges rapides),
- un fonctionnement durable sans intervention.

[0042] Parmi les planchers utilisables dans une installation selon l'invention on peut citer un plancher du type connu sous la dénomination commerciale « Degrémont® », un plancher du type connu sous la dénomination commerciale « Leopold® » ou du type connu sous la dénomination commerciale « Tetra® LP Block de DE NORA ».

[0043] Selon un mode de réalisation particulier, l'installation comprend en outre au moins un moyen de lavage, notamment un moyen de rétrolavage, dudit filtre gravitaire. L'installation peut comprendre tout type de moyen de lavage adapté ; selon un aspect particulier, le moyen de lavage comprend un moyen d'injection à contre-courant d'eau et/ou d'air. Le filtre gravitaire peut se colmater progressivement au cours de son utilisation. Pour conserver un niveau de performance adéquat de filtration, et selon la nature de l'installation de traitement de l'eau, des cycles de lavage doivent être régulièrement mis en œuvre. L'absence de lavage peut entraîner le colmatage de certaines zones, ne laissant à l'eau qu'un passage réduit, la perte de charge s'accroît alors plus vite, la filtration devient localement plus rapide et moins efficace. Ces lavages consistent le plus souvent en l'injection d'eau, et éventuellement d'air à contre-courant à travers le filtre gravitaire, et consistent donc en un rétro-lavage. L'eau, et éventuellement l'air, sont injectés à l'aide de moyens d'injection bien connus de l'homme du métier, et permettent de dégager la matière accumulée dans les interstices du média filtrant, ladite matière sera ensuite éliminée. Dans le cas où le prétraitement est suivi d'une étape de filtration par osmose inverse, on pourra également employer le concentrat/rétentat issu de l'étape d'osmose inverse pour effectuer le lavage.

[0044] Par « filtre sur media haute vitesse » ou filtre HRMF (High Rate Monolayer Filter en anglais), on désigne un milieu poreux comprenant au moins une couche de média granulaire filtrant, par lequel un mélange solide-liquide est filtré à haute vitesse (c'est-à-dire à une vitesse supérieure à 12 m/h, et de préférence supérieure ou égale à

15 m/h), les particules solides étant idéalement retenues dans les espaces intergranulaires sur la plus grande partie de la hauteur de couche. Un filtre sur media haute vitesse peut être gravitaire ou sous pression. Un filtre HRMF comprend au moins une couche de media filtrant à la surface de laquelle se forme un gâteau de particules solides ; de préférence, il est monocouche.

- [0045] La qualité d'eau en sortie du réacteur de flottation-filtration (e-DAF) étant meilleure que celle en sortie d'un simple « DAF », une seule couche de média filtrant pour le filtre haute vitesse est suffisante. Ledit lit de média filtrant du filtre haute vitesse HRMF sera donc de préférence monocouche. De façon particulièrement avantageuse, le lit de média filtrant, de préférence monocouche, est réparti sur une hauteur égale ou supérieure à 0,2 m et inférieure ou égale à 1 m, de préférence comprise entre 0.4 m et 1 m.
- [0046] En outre, le filtre sur media haute vitesse est généralement sous pression. Dans ce cas, la surpression appliquée par rapport à la pression atmosphérique est généralement comprise entre 0.4 et 20 bar, notamment entre 0.4 et 5 bar.
- [0047] Avantageusement, le lit de média filtrant du filtre haute vitesse HRMF est constitué d'une couche d'un matériau granulaire fin, présentant une granulométrie inférieure ou égale à 1 mm, de préférence comprise entre 0,1 et 1 mm, et de manière encore préférée comprise entre 0,2 et 0,6 mm.
- [0048] De même que pour le filtre gravitaire, le choix du média filtrant le plus approprié pour le filtre haute vitesse HRMF est effectué par un homme du métier selon les caractéristiques connues de chacun des matériaux. Avantageusement, le matériau granulaire du média filtrant du filtre haute vitesse HRMF est choisi parmi : l'anthracite, la pierre ponce, l'argile expansée (notamment la filtralite), le charbon actif, la zéolithe, le sable, des billes de verre, des billes de polymère, ou des billes de céramique. Ces différents matériaux peuvent être revêtus ou traités chimiquement ou biologiquement pour améliorer leurs propriétés. De préférence, il s'agit de sable.
- [0049] Le lit de media filtrant du filtre haute vitesse HRMF pourra être déposé sur une « couche support » qui ne participe pas à la filtration : une telle couche support a pour but d'égaleriser le fond du filtre, en particulier en couvrant la tuyauterie. Les media employés pour la couche support présentent en général une granulométrie supérieure à celle du média filtrant, supérieure à 2 mm. Il s'agit le plus souvent de gravier.
- [0050] Un exemple de filtre sur média haute vitesse haute vitesse est décrit par exemple dans la demande internationale WO-A-2014012167. Un tel filtre comprend des hydroéjecteurs disposés de manière à créer un vortex au-dessus du média filtrant, et engendrant une filtration tangentielle du fluide. Les éventuelles particules de media en suspension restent ainsi dans le flux de circulation, alors que le liquide peut traverser le média filtrant sous l'effet de la pression. Cette technologie est toutefois plus énergivore

qu'une filtration frontale classique.

- [0051] Préférentiellement, on utilisera cependant un filtre à filtration frontale, moins énergivore, donc plus économique. Un exemple de filtre à filtration frontale est celui commercialisé par SUEZ sous la dénomination commerciale Seaclean.
- [0052] De même que le filtre gravitaire, le filtre à média haute vitesse peut comprendre en outre au moins un moyen de lavage, notamment un moyen de rétrolavage, dudit filtre à média haute vitesse. L'installation peut comprendre tout type de moyen de lavage adapté ; selon un aspect particulier, le moyen de lavage comprend un moyen d'injection à contre-courant d'eau et/ou d'air. Dans le cas où le prétraitement est suivi d'une étape de filtration par osmose inverse, on pourra également employer le concentrat/rétentat issu de l'étape d'osmose inverse pour effectuer le lavage.
- [0053] Selon un mode de réalisation particulier, l'installation comprend en outre une zone Z de coagulation et/ou de floculation, ladite zone Z de coagulation et/ou de floculation comprenant au moins une entrée I_Z et une sortie O_Z ,
l'entrée I_Z étant reliée fluidiquement aux moyens d'amenée A de l'eau à traiter E, et le réacteur de flottation R_{Flo} comprenant au moins une entrée reliée à la sortie O_Z de ladite zone de coagulation et/ou de floculation.
- [0054] Par exemple, tout ou partie de la sortie O_Z de ladite zone de coagulation et/ou de floculation est reliée à la première entrée I_{Flo} du réacteur de flottation. Selon une variante, la première entrée I_{Flo} du réacteur de flottation est reliée uniquement à la sortie O_Z de ladite zone de coagulation et/ou de floculation : selon cette variante, l'eau à traiter est donc considérée comme l'eau issue de la zone de coagulation et/ou de floculation. Un tel mode de réalisation permet d'améliorer l'efficacité de la zone de flottation. En effet, la zone de coagulation/floculation permet d'augmenter la taille des floes et/ou de capturer plus de matière colloïdale sous forme de floes, qui sont par la suite extraits de la zone de flottation.
- [0055] Avantagusement, l'installation peut comprendre en outre une zone Z_1 de coagulation et/ou de floculation, ladite zone Z_1 de coagulation et/ou de floculation comprenant au moins une entrée I_{Z1} et une sortie O_{Z1} ,
l'entrée I_{Z1} étant reliée fluidiquement à la sortie O_{Fg} du filtre gravitaire, et la sortie O_{Z1} étant reliée fluidiquement à l'entrée I_{HRMF} du filtre sur media haute vitesse HRMF.
L'ajout d'une deuxième zone de coagulation/floculation permet d'avoir un levier supplémentaire pour abaisser l'indice de colmatage connu sous l'acronyme anglais SDI pour Silt Density Index, des eaux fortement polluées. Une telle configuration permet donc de traiter une plus large gamme d'eaux, et notamment des eaux avec des SDI élevés.
- [0056] Selon un mode de réalisation avantageux, l'installation comprend en outre une unité de dessalement et/ou de potabilisation par osmose inverse U_{RO} pour dessaler et/ou po-

tabiliser l'eau prétraitée et produire de 'eau dessalée, ladite unité comprenant au moins une entrée I_{RO} reliée fluidiquement avec la sortie O_{HRMF} du filtre sur media haute vitesse HRMF, et comprenant au moins une sortie O_{RO} pour évacuer l'eau dessalée (aussi appelée perméat).

[0057] L'invention concerne également un procédé de traitement d'eau en vue de son desalement et/ou de sa potabilisation, ledit procédé comprenant au moins un cycle de traitement de ladite eau comprenant :

- a. une étape de flottation au sein d'un réacteur de flottation de l'eau à traiter, fournissant de l'eau flottée,
- b. une étape de filtration gravitaire de l'eau flottée provenant de ladite étape de flottation a) au sein d'un filtre gravitaire pour fournir de l'eau flottée-filtrée, ledit réacteur de flottation étant au moins en partie superposé audit filtre gravitaire, et ledit filtre gravitaire présentant un lit de média filtrant monocouche réparti sur une hauteur inférieure à ou égale 1 m,
- c. une étape de filtration sur media haute vitesse de l'eau flottée-filtrée issue de l'étape de filtration gravitaire b), pour fournir de l'eau prétraitée.

[0058] L'eau à traiter E peut être de l'eau de mer, ou une eau industrielle chargée en sels. Il peut également s'agir d'une eau turbide comprenant de la matière en suspension flottable. Ainsi, l'eau à traiter selon l'invention présente typiquement une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- Une turbidité inférieure ou égale à 15 NTU, et/ou
- Un taux de matière en suspension inférieur ou égal à 30 mg/L, et/ou
- Une valeur de COT (Carbone Organique Total) inférieure ou égale à 10 mg/L, et/ou
- Une teneur en algues inférieure ou égale à 100 000 cellules/mL, et/ou
- Une valeur de SDI à 3 minutes (SDI 3min) supérieure ou égale à 15.

La turbidité est mesurée avec un turbidimètre de marque Hach, et est exprimée en NTU (Unité de Turbidité Néphélométrique).

La mesure de la matière en suspension (MES) suit la méthode standard 2540D approuvée par l'agence de protection environnementale américaine, l'EPA (Environmental Protection Agency). Un volume connu et homogène de l'eau à analyser est filtré à travers un filtre en fibre de verre pré-pesé. Le filtre est ensuite mis à l'étude à une température de $104 \pm 1^\circ$ puis pesé. L'augmentation de la masse mesurée, divisée par le volume d'eau filtrée, représente ainsi la valeur de MES en mg/L.

Le Carbone Organique Total (COT) est typiquement mesuré à l'aide d'un COT-mètre, qui combine à la fois un procédé d'oxydation pour transformer le carbone organique en dioxyde de carbone et un appareil pour la mesure du dioxyde de carbone

général.

La teneur en algues est mesurée par comptage par microscopie optique, à fluorescence ou électronique, par cytométrie en flux ou encore par des techniques moléculaires.

L'indice de colmatage noté SDI permet d'apprécier, à partir du colmatage d'un filtre, la présence de particules lorsque le critère de turbidité n'est plus assez sensible. La durée de filtration est donc liée au potentiel colmatant de l'eau filtrée. Le SDI est mesuré selon la méthode décrite dans la norme ASTM D4189 - 07(2014) « Standard Test Method for Silt Density Index (SDI) of Water ».

La salinité de l'eau à traiter E n'est pas un paramètre limitant pour l'invention.

- [0059] Le procédé de traitement peut comprendre en outre une étape préalable a0) de coagulation et/ou de floculation de l'eau à traiter avant l'étape a) de flottation. L'eau à traiter peut alors comprendre tout ou partie de l'eau coagulée et/ou floculée obtenue à l'étape a0). Selon une variante, l'eau à traiter dans l'étape b) est l'eau coagulée et/ou floculée obtenue à l'étape a0). Un tel mode de réalisation permet d'améliorer l'efficacité du procédé de flottation, comme expliqué plus haut.
- [0060] Selon ce mode de réalisation, le procédé de traitement peut comprendre en outre une étape intermédiaire b2) de coagulation et/ou de floculation de l'eau flottée filtrée issue de l'étape b). Selon cette variante, l'étape c) de filtration sur média haute vitesse pour fournir de l'eau prétraitée est effectuée sur l'eau issue de l'étape b2). Une telle configuration permet donc de traiter une plus large gamme d'eaux, et notamment des eaux avec des SDI élevés, comme expliqué plus haut.
- [0061] Ce procédé présente l'avantage essentiel de permettre d'atteindre une vitesse de traitement de l'eau supérieure à 15 m/h, et peut notamment atteindre jusqu'à 60 m/h. Le choix des vitesses est fonction de la qualité d'eau en entrée ainsi que du type et de la taille de média utilisé.
- [0062] De façon avantageuse, le lit de média filtrant monocouche du filtre gravitaire est réparti sur une hauteur inférieure à 1 m et est constitué d'une couche d'un matériau granulaire présentant une granulométrie telle que définie plus haut.
- [0063] De façon particulièrement avantageuse, ladite étape de filtration gravitaire est mise en œuvre à une vitesse supérieure à 30 m/h, par exemple à une vitesse comprise entre 30 m/h et 60 m/h.
- [0064] Selon un mode de réalisation particulier, le procédé comprend en outre au moins un cycle de lavage dudit filtre gravitaire, incluant une étape de rétrolavage dudit filtre gravitaire. De préférence, cette étape est mise en œuvre après l'étape b) de filtration gravitaire. Des lavages réguliers permettent de briser le gâteau (qui peut notamment comprendre un biofilm) qui se forme à la surface du média filtrant, agissant comme une « croûte colmatante », et de préserver les performances de celui-ci.
- [0065] Avantageusement, l'étape c) de filtration sur média haute vitesse est mise en œuvre à

une vitesse supérieure à 15 m/h, de préférence comprise entre 15 m/h et 60 m/h, de manière encore préférée entre 20 et 40 m/h. L'homme du métier choisira la vitesse en fonction de la qualité d'eau en entrée, du type et de la taille de média utilisé ainsi que des performances visées.

- [0066] Il peut s'agir d'une filtration tangentielle ou frontale sous pression, de préférence la filtration est de type frontale, l'eau à prétraiter percolant selon une direction sensiblement verticale au travers du média filtrant. La surpression appliquée par rapport à la pression atmosphérique est généralement comprise entre 0.4 et 20 bar, de préférence entre 0.4 et 5 bar.
- [0067] Selon un mode de réalisation particulier, le procédé comprend en outre au moins un cycle de lavage dudit filtre sur media haute vitesse, incluant une étape de rétrolavage dudit filtre sur media haute vitesse. Un tel rétrolavage est typiquement mis en œuvre par une brève alimentation à contre-courant du filtre avec de l'eau de lavage, telle que de l'eau filtrée par exemple. Dans le cas où le prétraitement est suivi d'une étape de filtration par osmose inverse, on pourra également employer le concentrat/rétentat issu de l'étape d'osmose inverse pour effectuer le lavage. De préférence, cette étape est mise en œuvre après l'étape c) de filtration gravitaire. Des lavages réguliers permettent de briser le gâteau (qui peut notamment comprendre un biofilm) qui se forme à la surface du média filtrant, agissant comme une « croûte colmatante », et de préserver les performances de celui-ci.
- [0068] L'eau traitée par le procédé peut servir d'eau d'alimentation d'une unité de dessalement ou d'une unité de désalinisation, notamment par traitement membranaire. Le traitement membranaire peut être une osmose inverse, une nanofiltration, une électrodialyse, une distillation membranaire, une osmose directe, et/ou une déionisation capacitive. Généralement, il s'agit d'osmose inverse. L'eau traitée peut également être amenée vers un moyen de potabilisation.
- [0069] Ainsi, avantageusement, l'eau prétraitée obtenue à l'étape c) est soumise à une étape subséquente de dessalement ou de potabilisation par traitement membranaire. Le traitement membranaire peut être une osmose inverse, une nanofiltration, une électrodialyse, une distillation membranaire, une osmose directe, et/ou une déionisation capacitive. Généralement, il s'agit d'osmose inverse.
- [0070] L'eau dessalée après un traitement membranaire, notamment par osmose inverse, est appelée perméat et est très peu minéralisée (salinité très faible) – elle est dans certains cas considérée comme dépourvue de minéraux. Le perméat est typiquement reminéralisé dans une étape de post-traitement. La reminéralisation est systématique en cas de potabilisation.
- [0071] Selon un mode de réalisation particulier, le procédé de traitement d'eau en vue de sa potabilisation ou son dessalement, ledit procédé comprenant au moins un cycle de

traitement de ladite eau et comprenant :

- a0) une étape de coagulation et/ou de floculation de l'eau à traiter,
- a) une étape de flottation au sein d'un réacteur de flottation de l'eau à traiter éventuellement issue de ladite étape de coagulation et/ou de floculation, fournissant de l'eau flottée,
- b) une étape de filtration gravitaire au sein d'un filtre gravitaire de l'eau flottée provenant de ladite étape de flottation a) pour fournir de l'eau flottée-filtrée, ledit réacteur de flottation étant au moins en partie superposé audit filtre gravitaire, et ledit filtre gravitaire présentant un lit de média filtrant monocouche réparti sur une hauteur inférieure à 1 m,
- b2) optionnellement une étape de coagulation et/ou floculation de l'eau flottée-filtrée issue de l'étape de filtration gravitaire b),
- c) une étape de filtration sur media haute vitesse de l'eau flottée-filtrée issue de l'étape de filtration gravitaire b) ou de l'étape de coagulation et/ou floculation b2), pour fournir de l'eau prétraitée, et
- d) une étape de dessalement et/ou de potabilisation de l'eau prétraitée issue de l'étape c) par traitement membranaire tel que décrit plus haut, et notamment par osmose inverse.

[0072] Le procédé peut être mis en œuvre dans une installation selon l'un des modes de réalisation précédemment décrits. Avantageusement, le filtre sur media haute vitesse est alors sous pression.

brève description des figures

[0073] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description qui suit, en référence au dessin dans lequel la :

[0074] [fig.1] représente une installation de traitement de l'eau selon un mode de réalisation de l'invention.

EXEMPLE DE MODE DE REALISATION

[0075] A la [fig.1] est illustrée une installation pour le traitement de l'eau, ladite installation comprenant :

- des moyens d'amenée de l'eau à traiter A (non représentés),
- une zone de coagulation/floculation Z dans laquelle débouchent lesdits moyens d'amenée A de l'eau à traiter E,
- un réacteur de flottation R_{FLO} comprenant une entrée I_{Flo} reliée à la sortie d'une zone de coagulation/floculation Z, et
- un filtre gravitaire F_g , ledit réacteur de flottation R_{FLO} étant au moins en partie superposé audit filtre gravitaire F_g et communiquant avec lui de sorte que l'eau provenant dudit réacteur de flottation R_{FLO} puisse s'écouler gravi-

tairement dans ledit filtre gravitaire F_g ,

ledit filtre gravitaire F_g présentant un lit de média filtrant monocouche réparti sur une hauteur inférieure ou égale à 1 m.

[0076] Dans la zone de coagulation/floculation Z de l'installation de la [fig.1], un agent coagulant C peut être ajouté puis mélangé à l'eau à traiter, grâce à des moyens adaptés (non représentés). L'addition d'un agent coagulant tel que notamment le chlorure de fer ou le sulfate d'aluminium entraîne la coagulation des particules colloïdales et des particules en suspension dans l'eau à traiter, notamment les algues, le phytoplancton et une partie de la matière organique. Une fois leurs charges neutralisées, les colloïdes s'agglomèrent entre eux par agitation mécanique ou de type piston pour former des « floes » dans la zone de coagulation/floculation Z hydraulique. Dans la zone de coagulation/floculation Z de l'installation de la [fig.1], un agent de floculation F (ou adjuvant de coagulation) peut être ajouté puis mélangé à l'eau à traiter, grâce à des moyens adaptés (non représentés). L'addition d'un agent de floculation permet d'agglomérer les particules en des amas de taille plus importante. L'eau, préalablement coagulée et en outre floculée est ensuite acheminée vers une zone d'injection d'eau sursaturée en oxygène EO_2 , de gaz atmosphérique d'azote ou tout autre gaz approprié. Sous l'effet de la détente du gaz à l'intérieur du réacteur de flottation RFLO, des bulles de gaz se forment en remontant à la surface du réacteur de flottation RFLO, entraînant avec elles les éventuels floes présents dans l'eau. Le mélange de bulles d'air et de floes peut alors être évacué en surverse de la zone de séparation SFLO du réacteur de flottation, notamment via une goulotte G (non représentée) dans laquelle il peut être poussé au moyen d'un dispositif de débordement ou de raclage prévu à cet effet.

[0077] L'installation de la [fig.1] comprend également un filtre gravitaire F_g , le réacteur de flottation RFLO étant au moins en partie superposé à ce filtre gravitaire F_g et communiquant avec lui de sorte que l'eau provenant dudit réacteur de flottation Rflo puisse s'écouler gravitairement dans ledit filtre gravitaire F_g . Ce filtre gravitaire F_g loge un média filtrant monocouche, c'est-à-dire constitué par une seule couche d'un matériau filtrant donné, ledit média étant réparti sur une hauteur inférieure ou égale à 1 m. L'eau flottée-filtrée provenant du filtre gravitaire F_g est ensuite conduite via un moyen d'amenée vers un filtre sur media pression HRMF pour y être ensuite filtrée.

[0078] Le procédé de traitement des eaux mis en œuvre par l'installation de la [fig.1] comprend un ou plusieurs cycles de traitement successifs consistant à introduire l'eau à traiter E, par des moyens d'amenée A dans la cuve de coagulation/ floculation Z. Au moins un réactif coagulant C et au moins un réactif de floculation F sont injectés et mélangés à l'eau à traiter. Sous l'effet du réactif coagulant, les particules colloïdales et en suspension, présentes dans l'eau à traiter, s'agglomèrent et forment des floes. L'eau est ensuite filtrée sur le filtre gravitaire F_g , l'eau provenant de ladite filtration est

acheminée par un moyen d'amenée et est ensuite traitée par filtration haute vitesse sur un filtre HRMF.

[0079] Des essais comparatifs de traitement d'eau ont été réalisés dans une installation selon l'invention, avec différents filtres gravitaires monocouche, d'une hauteur variant de 0.5 à 1m, constitués par un média filtrant (pierre ponce, anthracite et argile expansée) de granulométrie comprise entre 1.2 et 3 mm ; et en combinaison avec différents filtres sur media haute vitesse, avec un lit de media filtrant d'une hauteur variant de 0.4 à 0.75 m, constitué par un média filtrant (sable) de granulométrie comprise entre 0.28 et 0.55 mm.

[0080] La vitesse de passage à travers chacun des filtres gravitaires est également déterminée. Elle est d'environ 40 m/h dans le réacteur « e-DAF », et d'environ 20 m/h dans le filtre sur média haute vitesse.

[0081] Différents paramètres sont mesurés et comparés, en particulier la qualité de l'eau traitée après filtration par chacun des filtres gravitaires, et son adaptation à une étape ultérieure de dessalement ou de potabilisation par osmose inverse. En particulier, la turbidité est mesurée avec un turbidimètre de marque Hach, et le SDI est mesuré selon la méthode décrite dans la norme ASTM D4189 - 07(2014) « Standard Test Method for Silt Density Index (SDI) of Water ».

[0082] L'eau à traiter avant d'entrer dans le dispositif de la [fig.1] présente les caractéristiques suivantes :

- Une turbidité inférieure ou égale à 30 NTU,
- Un taux de matière en suspension inférieur ou égal à 30 mg/L,
- Une valeur de COT (Carbone Organique Total) inférieure ou égale à 10 mg/L,
- Un teneur en algues inférieure ou égale à 100 000 cellules/mL, et
- Une valeur de SDI à 3 minutes (SDI 3min) supérieure ou égale à 15.

[0083] **Essai Comparatif**

[0084] L'eau flottée issue de l'étape a) (en sortie du DAF) présente une turbidité de 1,2 en NTU.

[0085] Résultats des analyses effectuées sur l'eau flottée-filtrée issue de l'étape b), en sortie du filtre gravitaire :

	Pierre Ponce 3mm			Pierre Ponce 1,5mm		Anthracite 1,5mm	Argile expansée 2 mm	
Hauteur du média filtrant (en m)	0,5	0,75	1	0,5	1	1	0,5	0,75
Turbidité (en NTU)	0,36	0,25	0,16	0,18	0,14	0,2	0,74	0,65

[0086] Les valeurs de SDI 3 min sont supérieures à 25, et les valeurs de SDI 15min su-

périeures à 5. Elles sont donc considérées comme non pertinentes.

[0087] Les résultats ci-dessus démontrent que, malgré l'efficacité sur l'abattement de la turbidité, une étape de traitement supplémentaire est nécessaire pour obtenir une eau avec une qualité suffisante pour alimenter des membranes d'osmose inverse. En effet, il est généralement requis une valeur de SDI 15 minutes inférieure à 5, pendant 100% du temps.

[0088] **Essai selon l'invention**

[0089] Résultats des analyses effectuées sur l'eau prétraitée issue de l'étape c), en sortie du filtre sur media:

Qualité d'eau d'entrée (eau brute à E)		e-DAF 40m/h	HRMF 20m/h	Eau prétraitée (issue de l'étape c)	
SDI 3min %/min	Turbidité (NTU)			SDI15min %/min	Turbidité (en NTU)
23,9	0,9	Pierre Ponce 3mm 1m	Sable 0,5mm 0,75m	4,92	< 0.2 NTU
24,2	0,9	Pierre Ponce 3mm 1m	Sable 0,28mm 0,4m	4,03	< 0.2 NTU
> 25	1,67	Pierre Ponce 1,5mm 0,5m	Sable 0,5mm 0,75m	4,29	< 0.2 NTU
17,5	0,6	Pierre Ponce 1,2mm 0,75m	Sable 0,55mm 0,5m	3,68	< 0.2 NTU
17,5	0,6	Pierre Ponce 1,2mm 0,75m	Sable 0,28mm 0,4m	2,96	< 0.2 NTU

[0090] Ces résultats confirment que le prétraitement de l'invention

- fonctionnant à des vitesses plus élevées que les prétraitements conventionnels
- permet d'abattre efficacement de la turbidité et de maintenir une qualité d'eau adéquate à l'alimentation de membranes d'osmose inverse, et ce pour les différentes combinaisons testées et quelle que soit la qualité d'eau d'entrée.

[0091] En outre, en fonction de la combinaison de media choisi, les performances peuvent être similaires à une combinaison de type DAF + UF, qui permet d'obtenir des SDI

15min inférieur à 5 100% du temps, et même un SDI 15min inférieur à 3 pendant 90% du temps.

Revendications

[Revendication 1]

Installation de traitement d'eau comprenant :

- des moyens d'amenée de l'eau à traiter (E),
- un réacteur de flottation (R_{Flo}) comprenant au moins une première entrée (I_{Flo}) reliée fluidiquement auxdits moyens d'amenée,
- un filtre gravitaire (F_g), ledit réacteur de flottation (R_{Flo}) étant au moins en partie superposé audit filtre gravitaire (F_g) et communiquant avec lui de sorte que l'eau provenant dudit réacteur de flottation (R_{Flo}) puisse s'écouler gravitairement dans ledit filtre gravitaire (F_g), pour produire de l'eau flottée-filtrée
- ledit filtre gravitaire (F_g) présentant un lit de média filtrant monocouche réparti sur une hauteur inférieure ou égale à 1 m,
- ledit filtre gravitaire (F_g) comprenant en outre une sortie (O_{Fg}) pour évacuer l'eau flottée-filtrée, et
- au moins un filtre sur media haute vitesse (HRMF), pour filtrer l'eau flottée-filtrée provenant du filtre gravitaire (F_g), comprenant au moins une entrée (I_{HRMF}) reliée fluidiquement à la sortie (O_{Fg}) du filtre gravitaire (F_g) et au moins une sortie (O_{HRMF}) pour évacuer l'eau prétraitée.

[Revendication 2]

Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que ledit lit de média filtrant monocouche du filtre gravitaire (F_g) est réparti sur une hauteur égale ou supérieure à 0,5 m et inférieure ou égale à 1 m.

[Revendication 3]

Installation selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que ledit média filtrant du filtre gravitaire (F_g) est constitué d'une couche d'un matériau granulaire présentant une granulométrie égale ou supérieure à 0,8 mm, de préférence égale ou supérieure à 1,0 mm et inférieure ou égale à 5 mm, de préférence égale ou supérieure à 1,2 mm et inférieure ou égale à 4 mm, et plus préférentiellement supérieure ou égale à 1.2 mm et inférieure ou égale à 3 mm.

[Revendication 4]

Installation selon la revendication 3, caractérisée en ce que ledit matériau granulaire est choisi parmi : l'antracite, la pierre ponce, les argiles expansées, le charbon actif, la zéolithe, des billes de verres, des billes de polymère ou des billes de céramique.

[Revendication 5]

Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée

- en ce qu'une paroi inférieure dudit réacteur de flottation (R_{Flo}) comporte le média filtrant.
- [Revendication 6] Installation selon la revendication 5, caractérisée en ce que ladite paroi inférieure dudit réacteur de flottation (R_{Flo}) comporte un plancher supportant ledit média filtrant.
- [Revendication 7] Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que ledit lit de média filtrant du filtre sur media haute vitesse (HRMF) est réparti sur une hauteur égale ou supérieure à 0,2 m et inférieure ou égale à 1 m.
- [Revendication 8] Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que ledit lit de média filtrant du filtre sur media haute vitesse (HRMF) est constitué d'une couche d'un matériau granulaire présentant une granulométrie égale ou inférieure à 1 mm, de préférence comprise entre 0,1 et 1 mm.
- [Revendication 9] Installation selon la revendication 8, caractérisée en ce que ledit matériau granulaire est choisi parmi : le sable, l'argile expansée, l'anthracite, la pierre ponce, le charbon actif, la zéolithe ou des billes de verre.
- [Revendication 10] Installation selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que l'installation comprend en outre une zone Z de coagulation et/ou de floculation, ladite zone Z de coagulation et/ou de floculation comprenant au moins une entrée I_Z et une sortie O_Z , l'entrée I_Z étant reliée fluidiquement aux moyens d'amenée A de l'eau à traiter E, et le réacteur de flottation R_{Flo} comprenant au moins une entrée reliée à la sortie O_Z de ladite zone de coagulation et/ou de floculation.
- [Revendication 11] Installation selon la revendication 10, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre une zone (Z_1) de coagulation et/ou de floculation, ladite zone (Z_1) de coagulation et/ou de floculation comprenant au moins une entrée (I_{Z1}) et une sortie (O_{Z1}), l'entrée (I_{Z1}) étant reliée fluidiquement à la sortie (O_{Fg}) du filtre gravitaire, et la sortie (O_{Z1}) étant reliée fluidiquement à l'entrée (I_{HRMF}) du filtre sur media haute vitesse (HRMF).
- [Revendication 12] Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre une unité de dessalement et/ou de potabilisation par traitement membranaire, notamment par osmose inverse (U_{RO}), pour dessaler et/ou potabiliser l'eau prétraitée, ladite unité comprenant au moins une entrée (I_{RO}) reliée fluidiquement avec la sortie (O_{HRMF}) du filtre sur media haute vitesse (HRMF), et comprenant au

moins une sortie (O_{RO}) pour évacuer l'eau dessalée.

[Revendication 13] Procédé de traitement d'eau en vue de son dessalement et/ou de sa potabilisation, ledit procédé comprenant au moins un cycle de traitement de ladite eau comprenant :

- a. une étape de flottation au sein d'un réacteur de flottation de l'eau à traiter, fournissant de l'eau flottée,
- b. une étape de filtration gravitaire au sein d'un filtre gravitaire de l'eau flottée provenant de ladite étape de flottation a) pour fournir de l'eau flottée-filtrée, ledit réacteur de flottation étant au moins en partie superposé audit filtre gravitaire, et ledit filtre gravitaire présentant un lit de média filtrant monocouche réparti sur une hauteur inférieure ou égale à 1 m,
- c. une étape de filtration sur media haute vitesse de l'eau flottée-filtrée issue de l'étape de filtration gravitaire b), pour fournir de l'eau prétraitée.

[Revendication 14] Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que l'eau prétraitée obtenue à l'étape c) est soumise à une étape subséquente de dessalement ou de potabilisation par traitement membranaire, notamment par osmose inverse.

[Revendication 15] Procédé selon la revendication 13 ou 14, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape préalable a0) de coagulation et/ou de floculation de l'eau à traiter avant l'étape a) de flottation.

[Revendication 16] Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape intermédiaire b2) de coagulation et/ou de floculation de l'eau flottée filtrée issue de l'étape b), l'étape c) de filtration sur media haute vitesse pour fournir de l'eau prétraitée étant alors effectuée sur l'eau issue de l'étape b2).

[Revendication 17] Procédé de traitement d'eau selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, caractérisé en ce que ladite étape de filtration gravitaire est mise en œuvre à une vitesse supérieure à 30 m/h, de préférence comprise entre 30 m/h et 60 m/h.

[Revendication 18] Procédé de traitement d'eau selon la revendication 17, caractérisé en ce que ladite étape de filtration sur media haute vitesse est mise en œuvre à une vitesse supérieure à 15 m/h, de préférence comprise entre 15 m/h et 60 m/h.

[Revendication 19] Procédé de traitement d'eau selon l'une quelconque des revendications

13 à 18, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape d) de dessalement ou de potabilisation de l'eau prétraitée issue de l'étape c) par traitement membranaire, notamment par osmose inverse.

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 892377

FR 2103759

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, D	WO 2014/044619 A1 (VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECH [FR]) 27 mars 2014 (2014-03-27) * figure 2 * * page 11, ligne 28 - page 17, ligne 23 * * revendications 1, 14 * -----	1-19	C02F1/24 C02F1/44 B01D24/02
A	CN 202 744 404 U (ZHEJIANG XINSHI TECHNOLOGY STOCK CO LTD) 20 février 2013 (2013-02-20) * figure 1 * -----	1-19	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			C02F
Date d'achèvement de la recherche 7 décembre 2021		Examineur Châtelier, Xavier	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2103759 FA 892377**

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 **07-12-2021**
 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
WO 2014044619 A1	27-03-2014	AP 3956 A	22-12-2016
		AU 2013320381 A1	07-05-2015
		BR 112015005908 A2	08-08-2017
		CA 2884673 A1	27-03-2014
		CN 104781198 A	15-07-2015
		EP 2897913 A1	29-07-2015
		ES 2742804 T3	17-02-2020
		FR 2995603 A1	21-03-2014
		HK 1212316 A1	10-06-2016
		MX 370125 B	02-12-2019
		SG 11201501856U A	28-05-2015
		US 2015218012 A1	06-08-2015
		WO 2014044619 A1	27-03-2014
		ZA 201501575 B	23-12-2015

CN 202744404 U	20-02-2013	AUCUN	
