

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

22 Date de dépôt : 17.08.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 23.02.24 Bulletin 24/08.

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) : VEOLIA WATER SOLUTIONS &
TECHNOLOGIES SUPPORT société par action simpli-
fiée à action unique — FR.

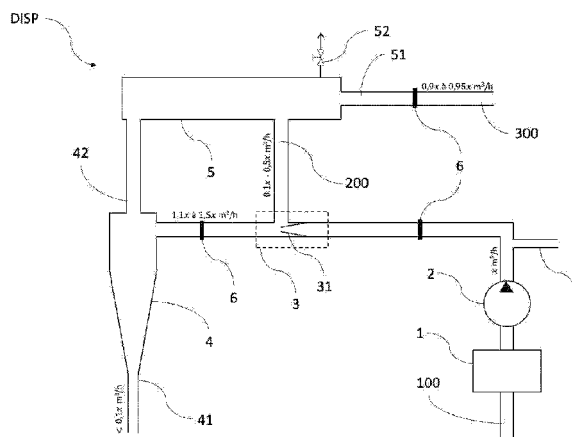
72 Inventeur(s) : SAUVIGNET Philippe et PAYS Nicolas.

73 Titulaire(s) : VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECH-
NOLOGIES SUPPORT société par action simplifiée à
action unique.

74 Mandataire(s) : CABINET VIDON BREVETS ET
STRATÉGIE.

54 Procédé de traitement d'une eau sale de surverse provenant d'une filière de traitement de l'eau, et
installation correspondante.

57 L'invention concerne un procédé de traitement d'une
eau sale de surverse en vue d'en séparer des matières en
suspension et un matériau granulaire insoluble plus lourd
que l'eau. Ce procédé met en œuvre une étape de déga-
zage (1), deux étapes de séparation liquide-solide au sein
d'un hydrocyclone (4) et d'un cylindre de recirculation (5), et
une étape de recirculation de l'eau à traiter, mise en œuvre
par un hydroéjecteur (3).
Figure 1



Description

Titre de l'invention : Procédé de traitement d'une eau sale de surverse provenant d'une filière de traitement de l'eau, et installation correspondante

Domaine technique

- [0001] Le domaine de l'invention est celui du traitement de l'eau en vue de son épuration ou de sa potabilisation.
- [0002] Plus précisément, l'invention concerne le traitement d'une eau sale préalablement coagulée et potentiellement floculée, provenant d'une filière de traitement de l'eau.

Art antérieur

- [0003] Un procédé bien connu de traitement des eaux, notamment des eaux de surface à potabiliser et des eaux usées urbaines ou industrielles à dépolluer, consiste à coaguler les eaux à traiter avec un réactif coagulant, tel que par exemple un sel de métal trivalent, à faire flocculer la matière organique contenue dans les eaux coagulées avec un réactif floculant, constitué usuellement d'un polymère organique, et à décantier ou filtrer les floccs et autres matières solides dans un décanteur ou à travers un filtre. Dans le cas du décanteur, les boues sont extraites en fond de décanteur, et l'eau traitée est extraite en surverse de décanteur ; tandis que dans le cas d'un filtre, l'eau filtrée est extraite d'un autre côté du filtre, et les boues/eaux sales sont extraites par contre-lavage par la surverse du filtre.
- [0004] Plus particulièrement, un exemple de technologie mettant en œuvre des étapes de coagulation et de floculation consiste à ajouter à l'eau brute, des coagulants et/ou des floculants, afin d'obtenir des floccs. L'eau ainsi coagulée et/ou floculée peut être filtrée à travers une membrane d'ultrafiltration, les floccs formant un gâteau à la surface de la membrane, et l'eau clarifiée la traversant. Par la suite, le gâteau de floccs peut être évacué par contre-lavage de la membrane et en surverse d'une bêche d'eau sale de lavage.
- [0005] Ainsi une eau sale est récupérée en surverse de l'installation de filtration, par filtre ou membranes, cette eau sale pouvant ensuite être épaissie et/ou déshydratée dans des systèmes de post-traitement. Cependant, un tel procédé induit des pertes en eau élevées et un post-traitement coûteux et encombrant.
- [0006] Un autre exemple de technologie mettant en œuvre des étapes de coagulation et de floculation est proposé par le procédé Actiflo®, celui-ci mettant de surcroît en œuvre un lest constitué d'un matériau granulaire fin et de forte densité tel que du microsable par exemple, injecté dans ou en amont de la zone de floculation, afin d'augmenter la vitesse de formation des floccs en servant d'initiateur de floculation, et également

d'augmenter par accroissement de leur densité la vitesse de décantation des floes formés durant la phase de floculation. La boue lestée est extraite en fond de décanteur.

- [0007] Le microsable, de diamètre moyen compris entre 20 et 300 micromètres environ, 80 et 200 micromètres le plus souvent, est le lest ou ballast utilisé le plus fréquemment pour des raisons de disponibilité et de coût.
- [0008] Le ballast est usuellement, pour des raisons économiques de réutilisation, séparé des boues extraites de l'ouvrage de décantation et recyclé dans le procédé.
- [0009] Les pertes en ballast se répartissent usuellement entre les pertes par l'eau traitée sortant en surverse du décanteur et les pertes avec les boues extraites des ouvrages.
- [0010] Une injection de ballast frais destiné à compenser les pertes de ballast est prévue.
- [0011] Les pertes en ballasts entraînés avec les boues sont importantes à maîtriser, tant pour minimiser les dépenses en ballast frais que pour ne pas dégrader la qualité des boues extraites.
- [0012] Les moyens utilisés pour séparer le ballast des boues extraites et recycler ce ballast dans le procédé en minimisant les pertes de ballast sont en général choisis parmi les techniques de séparation gravitaire statique (comme la décantation) ou dynamique (comme la centrifugation et le cyclonage), le plus souvent par hydrocyclonage du mélange boues/ballast.
- [0013] Les pertes de ballast dans la surverse de l'hydrocyclone, moyen le plus souvent utilisé pratiquement pour séparer le ballast des boues extraites, sont en général et pour une géométrie d'hydrocyclone et des conditions opératoires fixées, approximativement proportionnelles à la concentration du ballast dans le mélange entrant dans l'hydrocyclone.
- [0014] Afin de réduire ces pertes en ballast, il a déjà été proposé dans l'état de la technique de traiter cette surverse dans un deuxième hydrocyclone. Une telle utilisation de deux hydrocyclones montés en cascade est notamment divulguée dans WO03053862A1.
- [0015] Cependant, ce procédé conduit en sortie de deuxième hydrocyclone à des volumes de boues contenant encore une proportion d'eau importante. Ainsi, ces boues diluées sont à l'origine de pertes en eau.
- [0016] Ces boues doivent donc être épaissies et déshydratées lors d'un post-traitement.
- [0017] Un tel post-traitement augmente les coûts de mise en œuvre du procédé. Les équipements correspondants augmentent de plus l'emprise au sol des installations.
- [0018] Pour limiter les pertes en eau, on connaît aussi l'invention divulguée dans WO2011103651A1 connue sous le nom Actiflo® HCS. Elle concerne une installation de floculation - décantation lestée incluant un système simplifié de recirculation d'une partie de la surverse de l'hydrocyclone de séparation de la boue lestée. Une partie de la surverse de l'hydrocyclone est retournée, après dégazage, à l'aspiration de la pompe d'extraction du mélange boue/ballast alimentant l'hydrocyclone. Ce système régulé de recirculation permet de réduire le volume d'eau extraite avec les boues et donc de

concentrer ces boues. Il permet aussi de réduire les pertes en ballast. Mais il ne peut pas être utilisé sur tous les types d'eaux et doit être sélectionné en fonction de la charge et du débit de l'eau à traiter.

[0019] Objectifs de l'invention

[0020] L'objectif de l'invention est de proposer un procédé permettant de pallier ces inconvénients de l'art antérieur.

[0021] Plus précisément, l'objectif principal de l'invention est de proposer un procédé de traitement d'une eau sale de surverse provenant d'une filière de traitement de l'eau, permettant de limiter les pertes en eau.

[0022] Un autre objectif de l'invention est de réduire le volume des boues produites par une telle filière de traitement de l'eau.

[0023] Un autre objectif de l'invention est de proposer un procédé qui permet de diminuer les quantités de produits chimiques devant être mis en œuvre dans une telle filière et donc de limiter l'impact écologique du traitement correspondant.

[0024] Un autre objectif de l'invention est de proposer un dispositif pour la mise en œuvre d'un tel procédé permettant de limiter l'encombrement d'une telle filière.

Présentation de l'invention

[0025] Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints à l'aide d'un procédé de traitement d'une eau sale de surverse utilisé en vue de séparer, d'une part une eau traitée, et d'autre part, des particules solides contenues dans l'eau sale de surverse, lesdites particules solides étant composées de matières en suspension et/ou d'un matériau granulaire insoluble plus lourd que l'eau. Ce procédé comprend les étapes suivantes :

- une étape de dégazage de l'eau sale de surverse ;
- une étape d'alimentation en eau sale de surverse dégazée d'un hydrocyclone via un hydroéjecteur alimenté par une pompe accélératrice, la pompe accélératrice étant apte à ajuster un débit et une pression ;
- une première étape de séparation des matières en suspension et/ou du matériau granulaire présents dans l'eau sale de surverse dégazée, par hydrocyclonage au sein de l'hydrocyclone ;
- une étape de récupération d'une surverse de l'hydrocyclone, la surverse comprenant principalement de l'eau et des matières en suspension résiduelles ;
- une deuxième étape de séparation des matières en suspension résiduelles de l'eau récupérée en surverse de l'hydrocyclone, au sein d'un cylindre de recirculation ;
- une étape de recirculation vers l'hydrocyclone d'une eau comprenant les

matières en suspension résiduelles provenant du cylindre de recirculation par aspiration par l'hydroéjecteur ;

- une étape d'extraction d'une eau clarifiée, en sortie du cylindre de recirculation ;
- une étape de mesure continue du débit en entrée et sortie dudit hydroéjecteur, et en sortie du cylindre de recirculation.

[0026] Selon l'invention, afin de pouvoir éliminer les matières en suspension présentes en sortie de surverse d'une installation en amont, l'invention se propose de mettre en œuvre un procédé de traitement de cette eau sale de surverse comprenant deux étapes de séparation liquide-solide mettant en œuvre un hydrocyclone et un cylindre de recirculation, couplées à une recirculation de l'eau en sortie du cylindre de recirculation.

[0027] Selon la présente description, les termes « cylindre de recirculation » désignent un cylindre comprenant les éléments suivants : une alimentation en eau proche de l'une des extrémités du cylindre (reliée à la surverse de l'hydrocyclone), une sortie d'eau clarifiée positionnée à l'autre extrémité du cylindre, une évacuation des particules solides positionnée en périphérie du cylindre entre l'alimentation et la sortie du cylindre et raccordée à l'hydroéjecteur, et un système de centrifugation.

[0028] La fonction de ce cylindre de recirculation est similaire à celle d'un hydrocyclone en ce sens que le cylindre de recirculation met en œuvre un vortex créant une centrifugation de l'eau contenue dans le cylindre, permettant une séparation liquide-solide. La force centrifuge créée par l'écoulement tourbillonnaire dans lequel le fluide tourne autour d'un axe provoque l'éjection des particules solides en périphérie de la paroi du cylindre. L'eau évacuée par une sortie tangentielle se charge en particules solides. L'eau clarifiée s'évacue au centre du cylindre.

[0029] Selon la présente invention, l'eau sale de surverse, subit donc au moins une première étape de séparation liquide-solide (ou hydrocyclonage) dans l'hydrocyclone ; puis l'eau de surverse de l'hydrocyclone subit également au moins une deuxième étape de séparation liquide-solide dans le cylindre de recirculation, celui-ci présentant un seuil de coupure plus faible que l'hydrocyclone, et permettant de séparer la majorité des particules en suspension résiduelles n'ayant pas été séparées de l'eau au cours de la première étape de séparation liquide-solide.

[0030] Afin de limiter les pertes en eau, l'eau contenant les particules en suspension résiduelles récupérées sur la paroi du cylindre et séparées de l'eau clarifiée au cours de la deuxième étape de séparation liquide-solide est réintroduite au cours de l'étape d'alimentation de l'hydrocyclone via la boucle de recirculation. Ainsi, l'eau provenant du cylindre de recirculation et contenant des matières en suspension est aspirée par un hydroéjecteur (dispositif utilisant l'effet Venturi pour créer une aspiration), et est recirculée vers l'hydrocyclone afin d'optimiser son traitement et d'éliminer la matière en

suspension résiduelle. Ainsi, ce procédé permet d'optimiser la séparation liquide-solide, en particulier pour des particules solides (matière en suspension) extrêmement fines, tout en limitant les pertes en eau.

- [0031] De plus, la mise en place d'une mesure continue du débit et pression permet également de contrôler le bon fonctionnement du procédé.
- [0032] Par ailleurs, afin d'éviter tout dysfonctionnement lié à la présence d'air, le procédé décrit la mise en place d'une étape de dégazage en amont de l'étape d'alimentation.
- [0033] Selon une caractéristique préférentielle de l'invention, le procédé comprend une étape de mesure en continu du débit de la pompe accélératrice et une étape d'ajustement de ce débit en continu en fonction du résultat de la mesure relevée lors de l'étape de mesure ; l'étape d'ajustement du débit de ladite pompe accélératrice étant tel que, pour un débit en entrée dudit hydroéjecteur de $x \text{ m}^3/\text{h}$, alors le débit en sortie d'hydroéjecteur est compris entre $1,1x$ et $1,5x \text{ m}^3/\text{h}$, le débit en sortie de sous-verse de l'hydrocyclone est inférieur à $0,1x \text{ m}^3/\text{h}$, le débit de recirculation est compris entre $0,1x$ et $0,5x \text{ m}^3/\text{h}$, et le débit en sortie de surverse du cylindre de recirculation est compris entre $0,9x$ et $0,95x \text{ m}^3/\text{h}$.
- [0034] Afin de mettre en place la boucle de recirculation permettant d'aspirer l'eau contenant des matières en suspension résiduelles provenant du cylindre de recirculation, l'invention propose de maintenir un débit spécifique à chaque étape du procédé. Ainsi, avantageusement, l'optimisation du procédé selon l'invention est permise par l'utilisation d'une pompe accélératrice à vitesse variable et la mise en place d'une mesure continue du débit. En effet, le procédé selon l'invention présente un point de fonctionnement très spécifique, nécessitant un maintien continu des conditions adéquates. En particulier, l'ensemble des paramètres mis en œuvre dans ce procédé sont co-dépendants (débit, pression, caractéristiques de l'hydroéjecteur et des hydrocyclones, etc.). Ainsi, afin de limiter les pertes en eau et maximiser l'élimination des matières en suspension, le procédé selon l'invention propose de réguler le débit au cours de chaque étape du procédé pour obtenir en sortie du cylindre de recirculation un débit proche du débit en entrée d'hydroéjecteur, c'est-à-dire environ égal à $x \text{ m}^3/\text{h}$, et plus précisément, un débit compris entre $0,9x$ et $0,95x \text{ m}^3/\text{h}$.
- [0035] Selon une autre caractéristique de l'invention, le procédé comprend une étape d'adjonction de polymère dans l'eau sale de surverse dégazée en amont dudit hydroéjecteur et/ou à l'entrée du cylindre de recirculation.
- [0036] Avantageusement, l'adjonction de polymère dans l'eau à traiter permet d'améliorer l'élimination des matières en suspension. En effet, l'ajout de polymères dans l'eau sale de surverse à traiter, avant l'arrivée de celle-ci dans l'hydroéjecteur, permet d'agglomérer ensemble les particules de matière en suspension, et ainsi augmenter la taille de ces particules, ce qui facilite leur séparation de l'eau au cours des différentes

étapes de séparation liquide-solide.

- [0037] Cette étape d'adjonction de polymères peut être effectuée automatiquement en fonction d'un taux de matière en suspension en entrée de l'hydroéjecteur, et/ou à l'entrée du cylindre de recirculation.
- [0038] Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, le débit en entrée d'hydroéjecteur x est compris entre 4 et 50 m³/h.
- [0039] Ainsi, le procédé selon l'invention permet avantageusement de contrôler le débit et de l'adapter pour une optimisation des étapes de séparation liquide-solide et de recirculation de l'eau à traiter. De plus, le respect d'un débit prédéterminé en sortie de la pompe, permet de maintenir les conditions correspondant au point de fonctionnement spécifique (débits, pression) du procédé, et ainsi d'optimiser le rendement de celui-ci, en limitant les pertes en eau et en maximisant l'élimination des matières en suspension.
- [0040] Préférentiellement, le temps de séjour hydraulique est compris entre 2 s et 4 s au sein de l'hydrocyclone et au sein du cylindre de recirculation.
- [0041] Ainsi, le respect d'un temps de séjour hydraulique spécifique permet d'optimiser la séparation des matières en suspension, de l'eau, au cours des étapes de séparation liquide-solide.
- [0042] Selon une variante préférentielle, l'hydrocyclone a un seuil de coupure compris entre 10 et 25 μ m, et le cylindre de recirculation a un seuil de coupure compris entre 5 et 15 μ m.
- [0043] Ainsi, ce procédé permet d'éliminer des particules (par exemple floes) extrêmement fines, dont la densité est relativement proche de l'eau. Ces seuils de coupures permettent de limiter l'utilisation de produits chimiques en raison de leur efficacité sur les particules fines. En effet, ces deux étapes mécaniques de séparation liquide-solide ne nécessitent pas l'utilisation de produits coagulants ou floculants pour séparer efficacement les contaminants extrêmement fins de l'eau.
- [0044] Selon une caractéristique avantageuse, la pression de l'eau en sortie de ladite pompe accélératrice est comprise entre 2 et 5 bars.
- [0045] Cette pression est adaptée au traitement de l'eau, et fait partie des paramètres spécifiques du procédé, permettant de respecter le point de fonctionnement spécifique de celui-ci. En effet, une pression de 2 à 4 bars en sortie de pompe accélératrice, permet, après passage de l'eau dans l'hydroéjecteur, d'obtenir une pression comprise entre 1,5 et 2,5 bars en entrée de l'hydrocyclone, en raison des pertes de charges induites par l'effet Venturi (environ 1 à 1,5 bar). Ainsi, la pression obtenue en entrée de l'hydrocyclone et du cylindre de recirculation permet la mise en œuvre de seuils de coupure permettant une séparation optimale des matières en suspension.
- [0046] Selon un autre aspect préférentiel de l'invention, l'hydroéjecteur comprend une buse dont le diamètre de sortie est compris entre 1/5ème et la moitié de son diamètre

d'entrée.

[0047] Afin de créer un effet Venturi générant une force d'aspiration suffisante pour permettre la recirculation d'une partie de l'eau provenant du cylindre de recirculation vers l'hydrocyclone, le procédé propose d'ajuster le diamètre de la buse afin de respecter le point de fonctionnement spécifique du procédé. En particulier, les pertes de charges et la force d'aspiration, dépendent des diamètres d'entrée et de sortie de la buse de l'hydroéjecteur. En effet, plus le diamètre de sortie sera petit par rapport au diamètre d'entrée, plus les pertes de charge et la force d'aspiration seront importantes, tandis que pour un diamètre de sortie relativement proche du diamètre d'entrée, les pertes de charge et la force d'aspiration sont moindres.

[0048] Selon une variante préférée de l'invention, l'eau sale de surverse provient d'un hydrocyclone d'une installation de floculation-décantation lestée.

[0049] Selon d'autres variantes, l'eau sale de surverse pourra aussi provenir d'un système de filtration, ledit système de filtration appartenant au groupe comprenant :

- les filtres à sable ;
- les filtres à charbon actifs granulaire ;
- les membranes d'ultrafiltration ;
- les filtres biologiques mettant en œuvre une biomasse fixée sur un support granulaire tels que par exemple les filtres commercialisés sous la marque déposée Biostyr ;
- les filtres mécaniques, type Hydrotech ou autres.

[0050] L'invention concerne aussi un dispositif de traitement d'une eau sale de surverse en vue d'en séparer des matières en suspension et/ou un matériau granulaire insoluble plus lourd que l'eau pour la mise en œuvre d'un procédé tel que décrit précédemment. Le dispositif comprend :

- des moyens de dégazage en entrée de ladite installation ;
- une pompe accélératrice apte à ajuster un débit et une pression ;
- un hydroéjecteur ;
- un hydrocyclone alimenté par l'eau provenant de l'hydroéjecteur ;
- un cylindre de recirculation alimenté par l'eau provenant de la surverse de l'hydrocyclone ;
- des moyens de mesure de pression et/ou de débit ;

[0051] l'hydroéjecteur étant apte à faire re-circuler une partie de l'eau provenant du cylindre de recirculation vers l'hydrocyclone.

[0052] Selon une caractéristique de l'invention, le dispositif comprend des moyens d'adjonction de polymère prévus en amont de l'hydroéjecteur et/ou à l'entrée du cylindre de recirculation.

[0053] Selon une caractéristique préférée de l'invention, le cylindre de recirculation est po-

sitionné horizontalement.

[0054] En effet, le dispositif peut être installé au sommet d'un dispositif de floculation-décantation lestée de l'art antérieur, et être connecté à la surverse de l'hydrocyclone de celui-ci, une telle configuration permettant de minimiser l'encombrement de l'ensemble.

[0055] Selon une caractéristique préférentielle de l'invention, l'hydrocyclone et le cylindre de recirculation ont chacun une longueur comprise entre 0,8 et 2m.

[0056] Ainsi, le dispositif est relativement compact et peu encombrant, et peut être placé en partie supérieure d'une installation préexistante de l'art antérieur.

Présentation des figures

[0057] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préférentiel, donné à titre de simple exemple illustratif et non limitatif et décrit en référence aux dessins dans lesquelles :

[0058] La [Fig.1] représente un dispositif de traitement d'une eau sale de surverse, selon un exemple de réalisation de l'invention ;

[0059] La [Fig.2] représente une installation de floculation-décantation lestée équipée d'un tel dispositif.

Description détaillée de l'invention

[0060] 1. Description d'un mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention

[0061] Le dispositif selon l'invention est alimenté avec une eau sale provenant d'une filière de traitement de l'eau. Cette filière de traitement de l'eau peut par exemple se présenter sous la forme d'une installation de floculation-décantation lestée, d'un biofiltre, d'une membrane d'ultrafiltration, d'un filtre à sable, ou de toute autre installation de traitement de l'eau. Au sein de la filière de traitement de l'eau, l'eau a préalablement subi des traitements physico-chimiques. L'eau sale peut ainsi avoir été coagulée et potentiellement floculée et/ou lestée, avant d'être filtrée, et/ou, décantée, et/ou hydrocyclonée. L'eau sale alimentant le dispositif selon l'invention peut donc provenir de la surverse 100 sous pression d'un hydrocyclone d'une installation de floculation-décantation lestée, ou encore de la surverse 100 (sous pression, ou gravitaire) de contre-lavage d'un filtre (biofiltre, ultrafiltration, filtre à sable, à charbon actif...) ou de tout type de séparateur utilisé dans une filière de traitement de l'eau.

[0062] En référence à la [Fig.1], le dispositif DISP selon l'invention comprend des moyens de dégazage 1 pour éliminer tout air de l'eau sale en entrée du dispositif. Ce dispositif comprend également une pompe d'accélération 2 jouant le rôle de force motrice, celle-ci permettant d'amener l'eau provenant des moyens de dégazage vers un hydroéjecteur 3 à effet Venturi. L'eau est ensuite acheminée vers un hydrocyclone 4. En sous-verse

41 de cet hydrocyclone, du matériau granulaire pouvant être utilisé pour lester les floccs, ainsi qu'une grande partie des matières en suspension sont récupérés sous forme de boues. Le matériau granulaire servant de ballast peut éventuellement être réutilisé. En surverse 42 de l'hydrocyclone, une eau prétraitée, ne contenant plus que des matières en suspension résiduelles extrêmement fines, est récupérée. L'eau peut potentiellement contenir également des matériaux granulaires résiduels. Cette eau prétraitée est acheminée vers un cylindre de recirculation 5 au sein duquel, les particules résiduelles sont séparées de l'eau traitée par centrifugation grâce à la création d'un vortex. Les particules se retrouvent donc sur les parois du cylindre de recirculation, puis sont aspirées par effet Venturi par l'hydroéjecteur 3, connecté à la paroi du cylindre de recirculation. Les matières en suspension résiduelles provenant du cylindre de recirculation sont ainsi mélangées à l'eau sale non-traitée provenant de la cuve ou colonne de dégazage, au sein de l'hydroéjecteur, puis le mélange est acheminé vers l'hydrocyclone 4, etc. Cette boucle de recirculation permet donc de retraiter ces matières en suspension résiduelles jusqu'à élimination optimale des contaminants.

[0063] Le débit au sein du dispositif mis en œuvre par le procédé selon l'invention, évolue en fonction de l'étape du procédé. Ainsi, en sortie de pompe accélératrice, le débit est préférentiellement compris entre 4 et 50 m³/h. Puis en prenant ce débit d'alimentation comme référence et en lui attribuant la valeur x, le débit d'alimentation de l'hydrocyclone est avantageusement compris entre 1,1x et 1,5x, le débit de sous-verse de l'hydrocyclone est préférentiellement inférieur à 0,1x, le débit de recirculation est avantageusement compris entre 0,1x et 0,5x, et enfin, le débit de sortie est préférentiellement compris entre 0,9x et 0,95x. Il est à noter que le débit ne dépend pas de la taille de la buse 31, contrairement à la vitesse de circulation.

[0064] Il est possible de mettre plusieurs filières de traitement selon l'invention en parallèle pour traiter un débit total plus important.

[0065] 2. Caractéristiques des éléments constituant le dispositif selon un exemple de réalisation de l'invention

[0066] 2.1. Capteurs

[0067] Des capteurs 6 de débit et de pression peuvent être disposés entre chaque étape de traitement. Ces capteurs permettent de vérifier le sens de circulation de l'eau (en cas de dysfonctionnement), ainsi que la quantité d'eau recirculée. Cela permet d'adapter la pression en entrée du dispositif pour maintenir des conditions optimales de traitement.

[0068] 2.2. Moyens de dégazage

[0069] Les moyens de dégazage 1 permettent d'éliminer l'air ou tout gaz potentiellement contenu dans l'eau sale à traiter. Ces moyens sont par exemple une cuve, une bache ou un dégazeur. Ils permettent ainsi d'éviter toute présence d'air pouvant être à l'origine de phénomènes provoquant des dysfonctionnements au sein de l'installation (par

exemple, le phénomène de cavitation de la pompe).

[0070] Des moyens hydrauliques, tels que des événements ou des purgeurs, peuvent également être mis en œuvre pour s'assurer de l'absence d'air et/ou de gaz dans le dispositif. Ces moyens peuvent être placés à toute étape de traitement du dispositif, en particulier, au niveau des étapes de séparation liquide-solide. Cela permet entre-autres d'éviter les phénomènes de cavitation (pouvant provoquer des dysfonctionnements notamment au niveau de la pompe d'alimentation et de l'hydroéjecteur à effet Venturi).

[0071] 2.3. Pompe accélératrice

[0072] La pompe accélératrice 2 joue le rôle de force motrice, et permet d'alimenter le dispositif en eau sale de surverse dégazée.

[0073] La pompe accélératrice 2 permet un pilotage très fin des paramètres de débit et de pression. Cette pompe fonctionne préférentiellement en relation avec les capteurs 6. Cette pompe peut être à variation de fréquence.

[0074] Dans le mode de réalisation mis en œuvre par l'inventeur au cours de ses tests, la pression délivrée par la pompe accélératrice était de 3 à 4,5 bars.

[0075] 2.4. Hydroéjecteur à effet Venturi

[0076] L'hydroéjecteur 3 est alimenté par la pompe accélératrice 2, et s'alimente également dans le cylindre de recirculation 5. En effet, la pompe fournit le débit d'eau dégazée nécessaire à l'hydroéjecteur pour aspirer, par effet Venturi, une partie de l'eau contenue dans le cylindre de recirculation (cette eau contenant des particules solides à extraire de l'eau), l'hydroéjecteur étant connecté à la paroi du cylindre de recirculation.

[0077] L'hydroéjecteur est composé d'une buse 31 dont la forme conique (combinée au débit généré par la pompe accélératrice) permet la création de l'effet Venturi. En sortie de buse (côté entrée de l'hydrocyclone) le diamètre de sortie est compris entre 1/5ème et la moitié du diamètre d'entrée de la buse (côté pompe accélératrice). Ce ratio doit être respecté car, en cas de diamètre de sortie trop petit, la perte de charge serait trop importante, et pour un diamètre trop grand, l'effet Venturi disparaîtrait. Les diamètres de sortie de buse utilisés par l'inventeur au cours de ses tests étaient compris entre 2 et 15mm. De plus, l'angle formé par la buse influence également l'effet Venturi.

[0078] La vitesse de circulation de l'eau au sein du dispositif est avantageusement de 0,5 à 2 m/s, mis à part au sein de l'hydroéjecteur à effet Venturi, où l'eau est accélérée 4 à 25 fois pour obtenir une vitesse de 2 à 50 m/s. La vitesse de circulation de l'eau au sein de l'hydroéjecteur 3 est modulable et dépend du diamètre de la buse 31. La vitesse de circulation en sortie de l'hydroéjecteur 3 est donc comprise entre 0,5 et 2 m/s.

[0079] Le passage de l'eau à traiter par l'hydroéjecteur induit une diminution de la pression. Plus le diamètre de la buse est petit, plus la perte de charge est importante. De même, plus le débit est élevé, plus la perte de charge est importante. Dans le mode de réalisation mis en œuvre par l'inventeur au cours de ses tests, les pertes de charge dues à

l'effet Venturi étaient de 1 à 1,5 bars.

[0080] Les matériaux utilisés pour la fabrication de la buse (et de l'ensemble des éléments du dispositif) doivent résister à l'abrasion et être adaptés à la viscosité de l'eau.

[0081] L'effet Venturi présente un point de fonctionnement précis pour permettre l'aspiration des matières en suspension provenant du cylindre de recirculation. Cette aspiration dépend de la pression et du débit fournis par la pompe accélératrice, ainsi que des paramètres inhérents à l'hydroéjecteur (diamètre, angle de la buse).

[0082] 2.5. Hydrocyclone

[0083] L'hydrocyclone 4 permet de séparer et d'extraire les particules solides contenues dans l'eau à traiter provenant de l'hydroéjecteur 3. Les particules les plus lourdes sont ainsi extraites via la sous-verse de l'hydrocyclone 4, tandis que la surverse contenant les particules les plus fines (particules résiduelles) est transférée dans le cylindre de recirculation 5.

[0084] Les particules solides extraites de la sous-verse de l'hydrocyclone peuvent comprendre des matériaux granulaires servant de ballast. Ces matériaux granulaires peuvent être recyclés pour être réutilisés dans des étapes en amont du dispositif.

[0085] L'hydrocyclone utilisé dans le dispositif présente un seuil de coupure compris entre 5 et 25 μ m. Ce seuil dépend du débit, de la pression, et du temps de séjour hydraulique.

[0086] Le seuil de coupure de l'hydrocyclone peut être adapté à la séparation de particules de microsables et de particules de densité équivalente (10 à 25 μ m), ou à la séparation de particules de densités plus faibles (5 à 15 μ m). Ainsi, ce seuil de coupure, à l'instar du seuil de coupure du cylindre de recirculation, peut être adapté en fonction des particules (densité, taille) contenues dans l'eau à traiter.

[0087] L'hydrocyclone mesure préférentiellement entre 0,8 et 2 m de longueur, avec un temps de séjour hydraulique compris entre 1 et 4s, et une vitesse en son sein de 0,5 à 1 m/s. La performance optimale pour un tel hydrocyclone est obtenue pour 4s de temps de séjour hydraulique. En effet, plus le temps de séjour hydraulique est long, plus la séparation liquide-solide est efficace. Selon un exemple de réalisation, l'hydrocyclone est similaire à un hydrocyclone d'une installation de floculation-décantation lestée, mais est davantage fusiforme. L'hydrocyclone peut éventuellement être d'une taille supérieure à 2m, en fonction de l'utilisation souhaitée. Ainsi, le temps de séjour hydraulique peut être augmenté et permettre une amélioration du rendement de séparation liquide-solide.

[0088] Dans un exemple de réalisation, l'hydrocyclone est positionné verticalement.

[0089] Dans le mode de réalisation mis en œuvre par l'inventeur au cours de ses tests, l'hydrocyclone fonctionnait à une pression de 1 à 1,5 bars. En particulier, dans le cas d'une utilisation du dispositif de l'invention à la suite d'une installation de floculation-décantation lestée comprenant un premier hydrocyclone, il faut travailler à des

pressions plus fortes que pour le premier hydrocyclone de l'installation de flocculation-décantation lestée.

[0090] 2.6. Cylindre de recirculation

[0091] Selon la présente description, les termes « cylindre de recirculation » désignent un cylindre comprenant les éléments suivants : une alimentation en eau proche de l'une des extrémités du cylindre (reliée à la surverse de l'hydrocyclone), une sortie d'eau clarifiée positionnée à l'autre extrémité du cylindre, une évacuation des particules solides positionnée en périphérie du cylindre entre l'alimentation et la sortie du cylindre et raccordée à l'hydroéjecteur, et un système de centrifugation.

[0092] Le cylindre de recirculation met en œuvre un vortex permettant la centrifugation de l'eau issue de la surverse de l'hydrocyclone, et permettant la séparation des particules résiduelles de l'eau. Ainsi, les particules se regroupent sur les parois du cylindre de recirculation et sont aspirées par l'hydroéjecteur 3.

[0093] La fonction de ce cylindre de recirculation est similaire à celle d'un hydrocyclone en ce que le cylindre de recirculation met en œuvre un vortex créant une centrifugation de l'eau contenue dans le cylindre, permettant une séparation liquide-solide. La force centrifuge créée par l'écoulement tourbillonnaire dans lequel le fluide tourne autour d'un axe provoque l'éjection des particules solides en périphérie de la paroi du cylindre. L'eau évacuée par une sortie tangentielle se charge en particules solides. L'eau clarifiée s'évacue au centre du cylindre.

[0094] Le cylindre de recirculation 5 utilisé dans le dispositif présente un seuil de coupure très fin (de l'ordre de 5 à 15 μm) adapté à la finesse de la matière en suspension résiduelle. Ce seuil dépend du débit, de la pression, et du temps de séjour hydraulique. De plus, le cylindre de recirculation étant positionné en aval de l'hydrocyclone, il présente un seuil plus faible que celui-ci. En effet, l'hydrocyclone ayant effectué une première séparation liquide-solide, seules les particules les plus fines restent présentes dans l'eau transmise au cylindre de recirculation. Par conséquent, afin d'effectuer une deuxième séparation solide-liquide efficace, le seuil de coupure doit être diminué.

[0095] Par ailleurs, pour répondre à la fois à la contrainte d'encombrement, tout en optimisant le traitement des matières en suspension, dans un mode de réalisation, l'inventeur a fixé la longueur du cylindre de recirculation à 1m20. Le temps de séjour hydraulique au sein de ce cylindre de recirculation est compris entre 1s à 4s, avec une performance optimale pour 4s, à l'instar de l'hydrocyclone. Selon ce mode de réalisation, le cylindre de recirculation présentait une taille similaire à l'hydrocyclone, cependant, une autre configuration, dans laquelle leur taille diffère est également envisageable. Le cylindre de recirculation a été positionné horizontalement.

[0096] Le cylindre de recirculation peut être pourvu d'un évent ou d'une purge permettant l'évacuation de l'air ayant été introduit au cours des étapes de séparation liquide-

solide. En effet, cette purge d'air, réalisée par un purgeur par exemple, permet d'éviter l'accumulation d'air en point haut pouvant provoquer un dysfonctionnement.

[0097] Dans le mode de réalisation mis en œuvre par l'inventeur au cours de ses tests, le cylindre de recirculation, fonctionnait à une pression de 1 à 1,5 bars.

[0098] 2.7. Autres éléments

[0099] Dans une variante de l'invention, une étape complémentaire d'ajout de polymère 7 peut être mise en œuvre en aval de la pompe d'accélération, ou à l'entrée du cylindre de recirculation. Pour améliorer davantage les performances du dispositif, un ajout automatique pourrait être mis en œuvre en fonction du taux de matière en suspension en entrée du dispositif.

[0100] Une étape d'ajout de coagulant 7, peut également être mise en œuvre en amont de l'étape d'ajout de polymère.

[0101] Une vanne à membrane peut être positionnée en aval de la pompe d'accélération, celle-ci pouvant éventuellement permettre l'ajustement de la pression.

[0102] 3. Description d'une installation de filtration équipée d'un dispositif selon l'invention

[0103] Selon un mode de réalisation de l'invention, le dispositif DISP peut être mis en œuvre en sortie de surverse de contre-lavage d'un filtre, cette surverse pouvant être soit sous pression, soit gravitaire. Au sein de l'installation en amont du dispositif, l'eau est préalablement coagulée et potentiellement floculée. Elle peut aussi contenir des particules solides minérales telles que des sables ou des argiles.

[0104] Ainsi, l'eau sale peut être une eau de contre-lavage d'une membrane d'ultrafiltration, cette membrane d'ultrafiltration permettant par exemple la filtration d'une eau brute ou d'une eau pré-traitée. Selon un exemple de réalisation, une eau brute (ex : eau d'un lac) est coagulée, avant d'être acheminée vers une membrane d'ultrafiltration. Les matières en suspension sont ainsi coagulées et forment un gâteau par collage sur la membrane d'ultrafiltration. Ce gâteau est ensuite décollé par contre-lavage et est évacué avec l'eau de contre-lavage par la surverse de la bêche d'eau sale, vers le dispositif de l'invention. Par la suite, le dispositif selon l'invention permet de séparer l'eau, des matières solides contenues dans l'eau sale de surverse, afin de limiter les pertes en eau de l'installation.

[0105] Selon un autre exemple de réalisation, l'eau sale peut être une eau de contre-lavage d'un filtre à sable ou à charbon actif granulaire, ou encore une eau de contre-lavage d'un biofiltre (exemple Biostyr™).

[0106] 4. Description d'une installation de floculation-décantation lestée équipée d'un dispositif selon l'invention

[0107] En relation avec la [Fig.2], un mode de réalisation de l'invention comprend la mise en œuvre du dispositif DISP au sein d'une installation de floculation-décantation lestée. Une telle installation de floculation-décantation lestée met en œuvre :

- une étape de coagulation optionnelle de la matière en suspension contenue dans l'eau à traiter, par l'ajout de coagulants 1000 dans l'eau à traiter, formant des agglomérats de particules ;
- une étape de floculation de la matière en suspension contenue dans l'eau à traiter, dans une zone de floculation 2000, formant ainsi des floes ;
- une adjonction de matériau granulaire servant de ballast pour les floes, dans la zone de floculation 2000 ;
- une décantation de la matière en suspension, des floes et du matériau granulaire, dans un décanteur 3000, formant ainsi une boue ;
- une alimentation d'un premier hydrocyclone 4000 en boue, le premier hydrocyclone séparant une partie des particules solides (matières en suspension, floes et matériau granulaire) de la boue ;
- une récupération d'une boue composée des particules les plus lourdes (en grande partie de matériau granulaire) en sous-verse 4001 du premier hydrocyclone, le matériau granulaire étant recyclé pour être réutilisé ;
- une récupération d'une boue composée des particules les plus légères en surverse (100) du premier hydrocyclone, cette boue (ou eau sale de surverse) contenant toujours des matières en suspension, des floes et potentiellement du matériau granulaire.

[0108] L'installation comprend également un dispositif DISP selon l'invention tel que décrit ci-dessus en lien avec la [Fig.1] (pour simplifier, certains éléments du dispositif tel que décrit en [Fig.1] ont été omis sur la [Fig.2]), et mettant en œuvre les étapes suivantes :

- dégazage 1 de l'eau sale de surverse 100 du premier hydrocyclone 4000 ;
- alimentation d'un hydroéjecteur 3 en eau sale dégazée par une pompe accélératrice 2 ;
- hydrocyclonage de l'eau en sortie d'hydroéjecteur 3, au sein d'un deuxième hydrocyclone 4 ;
- récupération de matériau granulaire, de floes et de matières en suspension, en sous-verse 41 du deuxième hydrocyclone ;
- centrifugation de l'eau de surverse 42 du deuxième hydrocyclone 4, au sein d'un cylindre de recirculation 5 ;
- recirculation 200 des particules solides (matériau granulaire, floes, matière en suspension) par aspiration via l'effet Venturi produit par l'hydroéjecteur 3, l'eau contenant ces particules solides étant aspirée par l'hydroéjecteur 3 dans le cylindre de recirculation 5, pour être mélangée, au sein de l'hydroéjecteur 3, avec l'eau sale de surverse dégazée alimentant l'hydroéjecteur. Le mélange poursuit ensuite sa circulation au sein du dispositif DISP pour alimenter le deuxième hydrocyclone 4, etc.

- récupération d'une eau clarifiée 300 en sortie 51 du cylindre de recirculation, cette eau pouvant être recyclée en tête de l'installation de floculation – décantation lestée ;
- une mesure et un ajustement du débit en continu, pour respecter les conditions suivantes : pour un débit en sortie de pompe accélératrice de $x \text{ m}^3/\text{h}$, alors le débit en sortie d'hydroéjecteur est compris entre $1,1x$ et $1,5x \text{ m}^3/\text{h}$, le débit en sortie de sous-verse du deuxième hydrocyclone est inférieur à $0,1x \text{ m}^3/\text{h}$, le débit de recirculation est compris entre $0,1x$ et $0,5x \text{ m}^3/\text{h}$, et le débit en sortie de surverse du cylindre de recirculation est compris entre $0,9x$ et $0,95x \text{ m}^3/\text{h}$.

[0109] La sous-verse 41 du deuxième hydrocyclone peut éventuellement être recyclée si elle contient par exemple du charbon actif résiduel (utilisé pour le traitement de la matière organique dans l'installation de floculation – décantation lestée) ou des ions carbonates si l'installation de floculation – décantation lestée est utilisée pour éliminer la dureté de l'eau.

[0110] 5. Résultats expérimentaux

[0111] Des tests ont été effectués avec une eau sale de surverse provenant d'un hydrocyclone faisant partie d'une installation de floculation-décantation lestée, cette eau sale de surverse présentant $0,91 \text{ g/L}$ de matières en suspension. Les résultats de ces tests sont présentés ci-dessous. D'après ces résultats, l'eau clarifiée, en sortie de cylindre de recirculation, représente 90-95 % de l'eau en entrée du dispositif DISP. Les tests ont également permis de déterminer qu'à température plus faible, le rendement était meilleur en raison de l'augmentation de la viscosité de l'eau.

[0112] Pour un diamètre intérieur de 8 mm en sortie de buse à effet Venturi :

Grandeur mesurée/calculée	Étape du traitement	Test 1	Test 2	Test 3	Moyenne (%)
Débit (m^3/h)	Entrée du dispositif (100)	4,42	5,01	5,07	100
	Alimentation de l'hydrocyclone	6,25	6,99	7,08	140
	Sous-verse de l'hydrocyclone	0,357	0,255	0,245	6
	Canalisation de recirculation (200)	1,83	1,98	2,01	40
	Sortie de dispositif (300)	4,07	4,6	4,8	93
Taux de matière en suspension (g/L)	Entrée du dispositif (100)	0,91 (100%)			100
	Sous-verse de l'hydrocyclone	9,33 (83%)	15,17 (85%)	17,26 (92%)	86
	Sortie de dispositif (300)	0,17 (17%)	0,15 (15%)	0,08 (8%)	14

[0113] Pour un diamètre intérieur de 10 mm en sortie de buse à effet Venturi :

Grandeur mesurée/calculée	Étape du traitement	Test 1	Test 2	Test 3	Moyenne (%)
Débit (m ³ /h)	Entrée du dispositif (100)	6,71	7,375	7,415	100
	Alimentation de l'hydrocyclone	7,5	8,45	8,375	113
	Sous-verse de l'hydrocyclone	0,235	0,148	0,142	2
	Canalisation de recirculation (200)	1,83	1,98	2,01	13
	Sortie de dispositif (300)	4,07	4,6	4,8	97
Taux de matière en suspension (g/L)	Entrée du dispositif (100)	0,91 (100%)			100
	Sous-verse de l'hydrocyclone	23,01 (89%)	42,9 (95%)	45,6 (96%)	93
	Sortie de dispositif (300)	0,11 (11%)	0,05 (5%)	0,05 (5%)	7

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de traitement d'une eau sale de surverse (100) pour séparer, d'une part une eau traitée, et d'autre part des particules solides contenues dans l'eau sale de surverse, lesdites particules solides comprenant des matières en suspension et/ou un matériau granulaire insoluble plus lourd que l'eau, procédé caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
- une étape de dégazage (1) de ladite eau sale de surverse (100) ;
 - une étape d'alimentation en eau sale de surverse dégazée d'un hydrocyclone (4) via un hydroéjecteur (3) alimenté par une pompe accélératrice (2), ladite pompe accélératrice (2) étant apte à ajuster un débit et une pression ;
 - une première étape de séparation des matières en suspension et/ou du matériau granulaire présents dans ladite eau sale de surverse dégazée, par hydrocyclonage au sein dudit hydrocyclone (4) ;
 - une étape de récupération d'une surverse (42) dudit hydrocyclone (4), ladite surverse de l'hydrocyclone (4) comprenant principalement des matières en suspension résiduelles ;
 - une deuxième étape de séparation des matières en suspension résiduelles de l'eau récupérée en surverse dudit hydrocyclone (4), au sein d'un cylindre de recirculation (5) ;
 - une étape de recirculation vers ledit hydrocyclone (4) d'une eau comprenant lesdites matières en suspension résiduelles provenant dudit cylindre de recirculation (5) par aspiration par ledit hydroéjecteur (3) ;
 - une étape d'extraction d'une eau clarifiée, en sortie (51) dudit cylindre de recirculation ;
 - une étape de mesure continue du débit en entrée et en sortie dudit hydroéjecteur (3), et en sortie dudit cylindre de recirculation (5).
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comprend :
- une étape de mesure en continu du débit de ladite pompe accélératrice (2) ; et

- une étape d’ajustement de ce débit en continu en fonction du résultat de la mesure relevé lors de ladite étape de mesure ;

ladite étape d’ajustement du débit de ladite pompe accélératrice étant tel que, pour un débit en entrée dudit hydroéjecteur de $x \text{ m}^3/\text{h}$, alors le débit en sortie d’hydroéjecteur est compris entre $1,1x$ et $1,5x \text{ m}^3/\text{h}$, le débit en sortie de sous-verse de l’hydrocyclone est inférieur à $0,1x \text{ m}^3/\text{h}$, le débit de recirculation est compris entre $0,1x$ et $0,5x \text{ m}^3/\text{h}$, et le débit en sortie de surverse du cylindre de recirculation est compris entre $0,9x$ et $0,95x \text{ m}^3/\text{h}$.

- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu’il comprend une étape d’adjonction de polymère dans l’eau en amont dudit hydroéjecteur et/ou à l’entrée dudit cylindre de recirculation.
- [Revendication 4] Procédé selon l’une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que ledit débit en entrée d’hydroéjecteur (2) x est compris entre 4 et $50 \text{ m}^3/\text{h}$.
- [Revendication 5] Procédé selon l’une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le temps de séjour hydraulique est compris entre 2 s et 4 s au sein dudit hydrocyclone (4) et dudit cylindre de recirculation (5).
- [Revendication 6] Procédé selon l’une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ledit hydrocyclone (4) a un seuil de coupure compris entre 10 et $25 \mu\text{m}$, et ledit cylindre de recirculation (5) a un seuil de coupure compris entre 5 et $15 \mu\text{m}$.
- [Revendication 7] Procédé selon l’une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la pression de l’eau en sortie de ladite pompe accélératrice est comprise entre 2 et 5 bars.
- [Revendication 8] Procédé selon l’une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que ledit hydroéjecteur (3) comprend une buse (31) dont le diamètre de sortie est compris entre 1/5ème et la moitié de son diamètre d’entrée.
- [Revendication 9] Procédé selon l’une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que ladite eau sale de surverse provient d’un hydrocyclone (4000) d’une installation de floculation-décantation lestée.
- [Revendication 10] Procédé selon l’une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l’eau sale de surverse provient d’un système de filtration, ledit système de filtration appartenant au groupe comprenant :
 - les filtres à sable ;
 - les filtres à charbon actif granulaire ;
 - les membranes d’ultrafiltration ;

- les filtres biologiques mettant en œuvre une biomasse fixée sur un support granulaire ;
- les filtres mécaniques.

[Revendication 11] Dispositif (DISP) de traitement d'une eau sale de surverse en vue d'en séparer des matières en suspension et/ou un matériau granulaire insoluble plus lourd que l'eau pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'une des revendications 1 à 10 caractérisé en ce qu'il comprend :

- des moyens (1) de dégazage en entrée de ladite installation ;
- une pompe accélératrice (2) apte à ajuster un débit et une pression ;
- un hydroéjecteur (3) ;
- un hydrocyclone (4) alimenté par l'eau provenant de l'hydroéjecteur ;
- un cylindre de recirculation (5) alimenté par l'eau provenant de la surverse de l'hydrocyclone ;
- des moyens (6) de mesure de pression et/ou de débit ;

ledit hydroéjecteur (3) étant apte à faire recirculer une partie de l'eau provenant du cylindre de recirculation (5) vers l'hydrocyclone (4).

[Revendication 12] Dispositif selon la revendication 11 caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (7) d'adjonction de polymère prévus en amont dudit hydroéjecteur, et/ou à l'entrée dudit cylindre de recirculation.

[Revendication 13] Dispositif selon l'une des revendications 11 ou 12, caractérisé en ce que le dit hydrocyclone (4) a un seuil de coupure compris entre 10 et 25 μm , et le dit cylindre de recirculation (5) a un seuil de coupure compris entre 5 et 15 μm .

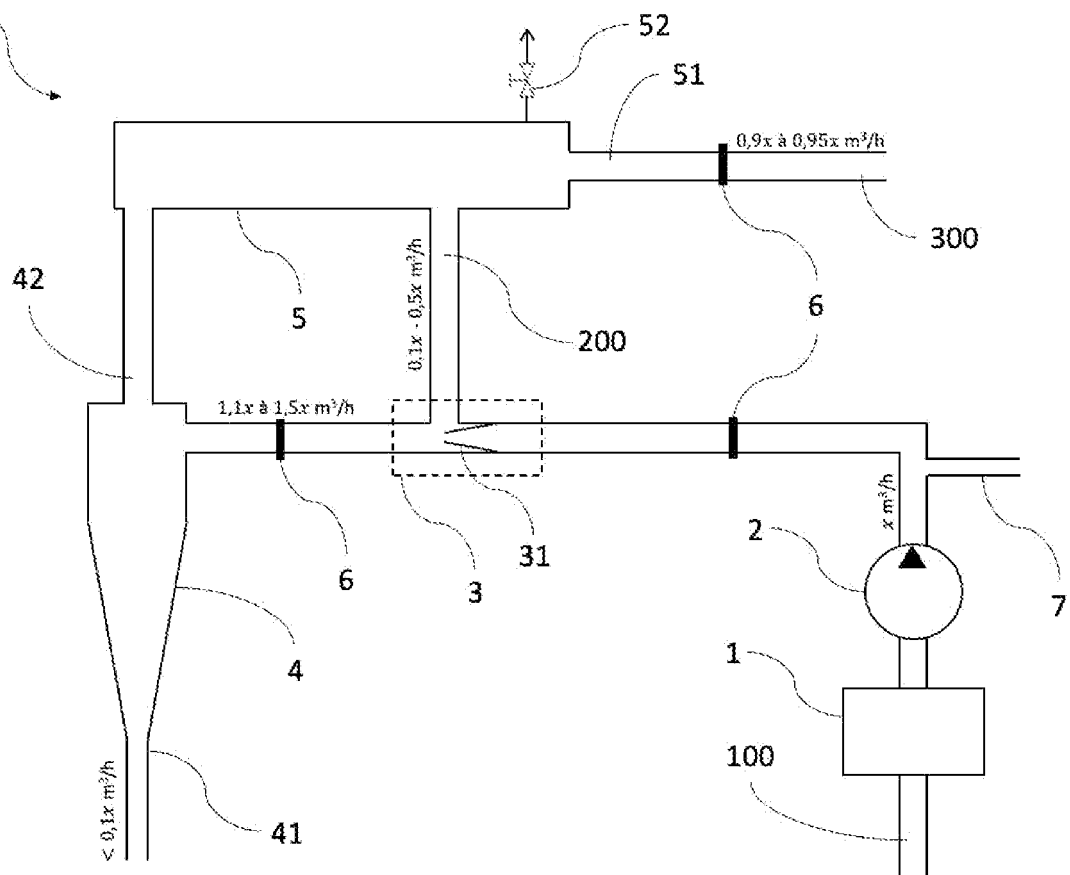
[Revendication 14] Dispositif selon l'une des revendications 11 à 13, caractérisé en ce que le dit hydroéjecteur (3) comprend une buse (31) dont le diamètre de sortie est compris entre 1/5 et la moitié de son diamètre d'entrée.

[Revendication 15] Dispositif selon l'une des revendications 11 à 14 caractérisé en ce que le cylindre de recirculation (5) est positionné horizontalement.

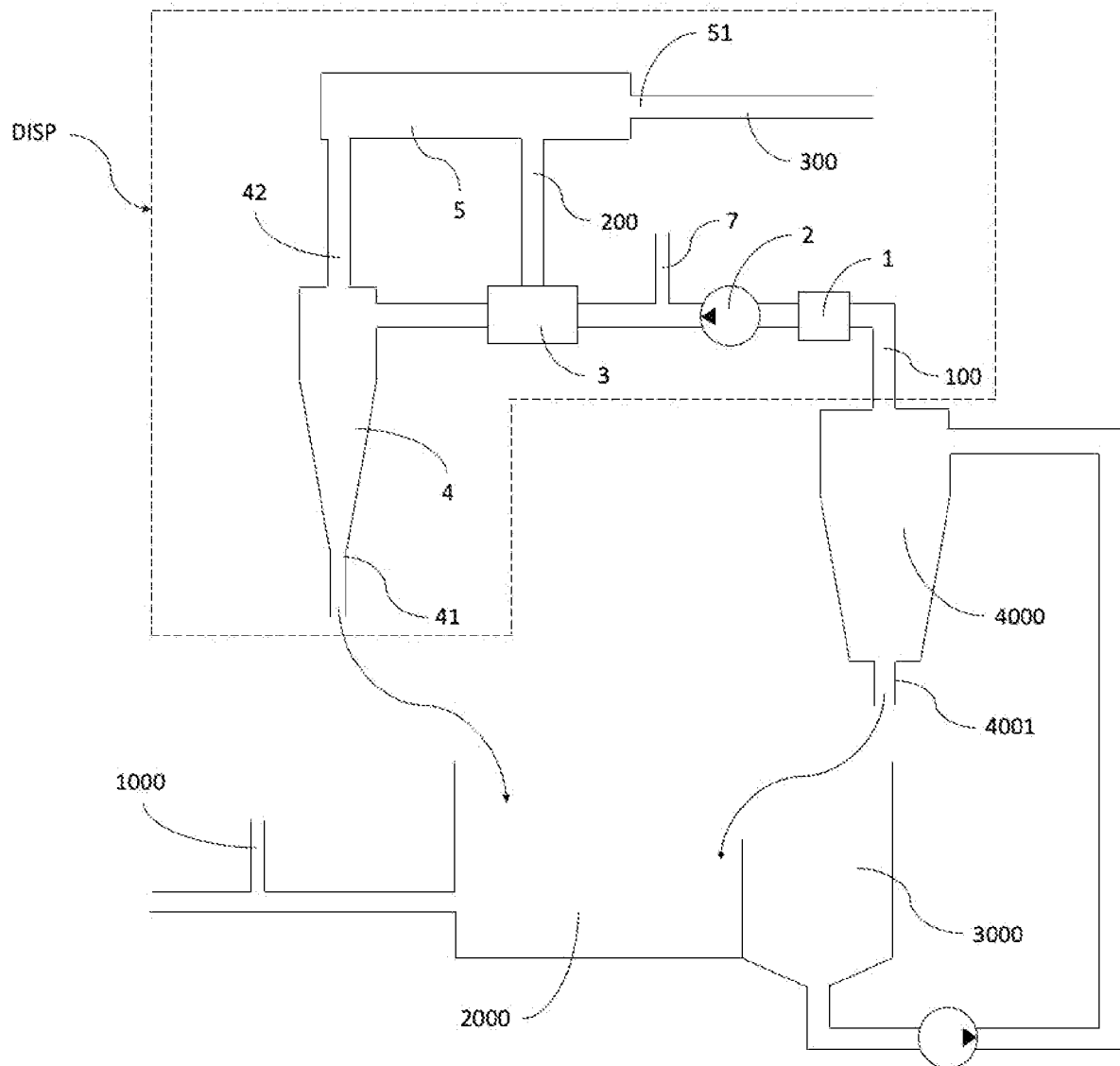
[Revendication 16] Dispositif selon l'une des revendications 11 à 15 caractérisé en ce que le dit hydrocyclone (4) et le dit cylindre de recirculation (5) ont chacun une longueur comprise entre 0,8 et 2m.

[Fig. 1]

DISP



[Fig. 2]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 910949
FR 2208342

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 3 486 619 A (GRUNDELIUS NILS ROLAND ET AL) 30 décembre 1969 (1969-12-30) * figure 2 * -----	1-16	B01D21/26 C02F1/52 C02F11/00
A, D	WO 2011/103651 A1 (VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECH [FR]; QUEVILLON LUC [CA]) 1 septembre 2011 (2011-09-01) * le document en entier * -----	1-16	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B01D B04C C02F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
28 mars 2023		Châtellier, 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 2208342 FA 910949**

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 **28-03-2023**
 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 3486619	A	30-12-1969	AUCUN	
WO 2011103651	A1	01-09-2011	AU 2010347137 A1	20-09-2012
			BR 112012020630 A2	27-03-2018
			CA 2788623 A1	11-09-2011
			CN 102939268 A	20-02-2013
			DK 2539287 T3	21-10-2019
			EP 2539287 A1	02-01-2013
			ES 2749969 T3	24-03-2020
			JP 5499185 B2	21-05-2014
			JP 2013520301 A	06-06-2013
			KR 20120125323 A	14-11-2012
			PL 2539287 T3	31-03-2020
			RU 2012140746 A	27-03-2014
			WO 2011103651 A1	01-09-2011
			ZA 201206558 B	24-04-2013