

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
18 septembre 2003 (18.09.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/076343 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : C02F 1/24,
B03D 1/14

Patrick [FR/FR]; 17 Rue de l'Argonne, F-78800
HOUILLES (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR03/00725

(74) Mandataires : ARMENGAUD, Alain etc.; Cabinet AR-
MENGAUD AINE, 3, Avenue Bugeaud, F-75116 PARIS
(FR).

(22) Date de dépôt international : 6 mars 2003 (06.03.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/03066 12 mars 2002 (12.03.2002) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : ONDEO
DEGREMONT [FR/FR]; 183 Avenue du 18 juin 1940,
F-92508 RUEIL MALMAISON (FR).

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE,
LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet
eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR),

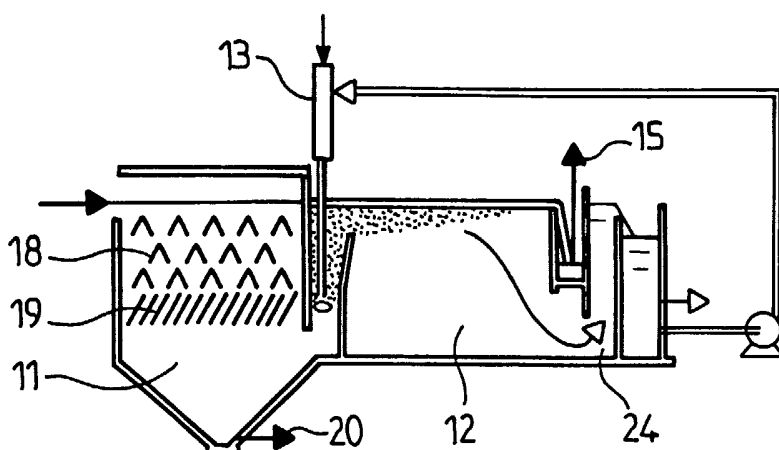
(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : VION,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CLARIFICATION OF LIQUIDS, PARTICULARLY WATER, LOADED WITH MA-
TERIAL IN SUSPENSION

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF DE CLARIFICATION DE LIQUIDES, NOTAMMENT D'EAUX, CHARGES DE MA-
TIERES EN SUSPENSION



(57) Abstract: The invention relates to a method for clarification by flotation of water loaded with material in suspension, characterised in that the clarification treatment is carried out in two successive stages in a single plant. The method comprises a static flocculation step with descending current, integrated with a primary separation step for the heaviest particles, the zone in which the primary separation of the heaviest particles occurs being situated beneath the zone in which the static flocculation step is carried out and comprises a removal of the heaviest particles and a flotation step which guarantees the removal of the light

particles, the decantation speed of which is below the threshold for cleaving the flotation agent.

(57) Abrégé : Procédé de clarification par flottation des eaux chargées en matières en suspension, caractérisé en ce que le traitement de clarification s'effectue en deux étapes successives mises en oeuvre dans une seule installation :- une étape de floculation statique à courant descendant, à laquelle est intégrée une étape de séparation primaire des particules les plus lourdes, la zone dans laquelle s'effectue l'étape de séparation primaire des particules les plus lourdes étant située sous la zone dans laquelle est mise en oeuvre l'étape de floculation statique et comportant une évacuation des particules les plus lourdes et- une étape de flottation assurant l'élimination des particules légères dont la vitesse de décantation est inférieure au seuil de coupure du flottateur.

WO 03/076343 A1



brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

« Procédé et dispositif de clarification de liquides,
notamment d'eaux, chargés de matières en suspension »

La présente invention concerne des perfectionnements
apportés aux procédés de clarification, en particulier
5 physico-chimiques, par flottation, des eaux chargées en
matières en suspension.

La flottation est une technologie de clarification
(séparation solide-liquide) qui constitue une alternative
à la décantation, au moins pour certains types d'eau.

10 Selon cette technologie connue (voir notamment le
« Memento Technique de l'Eau » 1989, Tome 1, pages 171 et
suivantes), après une étape de coagulation-floculation,
l'eau est mélangée avec un « lait » (c'est-à-dire une
émulsion) de micro-bulles généralement d'air dont le
15 diamètre moyen est compris entre 40 et 80 microns. Ces
micro-bulles s'accrochent aux floccs qui, ainsi allégés,
ont tendance à monter vers la surface de la cellule de
flottation où ils s'accumulent pour former une nappe ou
lit de boues. Les boues sont collectées en surface du
20 flottateur, alors que l'eau clarifiée est évacuée par le
fond de l'appareil.

Une partie de cette eau est pompée (débit
généralement compris entre 5 et 15% du débit d'eau à
traiter en clarification), à une pression de l'ordre de
25 $4 \cdot 10^5$ à $6 \cdot 10^5$ Pa dans un ballon spécifique, appelé
ballon de pressurisation dans lequel l'air se dissout en
grande quantité, c'est-à-dire jusqu'à 5 fois la
concentration maximale de l'air dans l'eau à la pression

atmosphérique. Lors d'une détente subite à la pression atmosphérique, l'air est placé en condition de sursaturation et génère des microbulles. Les systèmes de détente sont placés dans une zone spécifique dans laquelle est assuré le mélange des microbulles avec l'eau flocculée.

Pour être physiquement séparé de l'eau dans un décanteur, un floc doit être dense ou de grande taille. Par contre, pour être séparé par flottation, il suffit que ledit floc soit bien formé : il peut être léger et de petite taille. La flocculation peut donc être simplifiée, d'où l'absence quasi générale d'utilisation de polymère pour le traitement par flottation des eaux peu chargées et la mise en œuvre de réacteurs plus petits que dans le cas des décantations situées en aval d'une flocculation diffuse (par opposition aux décanteurs à lit de boues ou « lestés »).

Le point faible de la flottation est que les microbulles s'accrochent difficilement aux particules minérales et ne peuvent pas assurer la remontée à la surface des particules lourdes contenues dans l'eau. De ce fait, les applications de la flottation sont souvent limitées à la clarification des eaux peu chargées, en particulier à des eaux de lac, de forage, à l'eau de mer ou à des effluents industriels spécifiques ou aux eaux de lavage de filtres biologiques.

Parmi les autres particularités et avantages de la flottation, on peut citer notamment les suivants :

- le système de pressurisation est très simple et sa mise en régime s'effectue très rapidement. Les flottateurs démarrent presque instantanément : ce sont des

appareils très simples à exploiter, même en marche synchrone ;

- les boues extraites sont concentrées : jusqu'à 10 à 40 g/l, si elles sont raclées ;
- 5 - les microbulles ont des vitesses ascensionnelles de 6 à 12 m/h, ce qui se traduit par des vitesses de clarification traditionnellement limitées entre 4 et 10 m/h.

Malgré leurs avantages, les flottateurs n'ont guère
10 été en situation de concurrencer la génération des décanteurs rapides lamellaires, à lit de boues ou à lest, notamment pour les raisons suivantes :

- volume généralement surdimensionné de la zone de floculation ;
- 15 - vitesses de séparation relativement faibles ;
- coût énergétique de la pressurisation et
- domaine d'application relativement limité.

Cependant, depuis quelques années sont apparus des flottateurs rapides, grâce à la mise en œuvre de modules
20 lamellaires contre-courant ou de systèmes de reprise spécifiques (EP 0 659 690). Selon ces nouvelles techniques, des vitesses de clarification de l'ordre de 20 à 40 m/h pourraient être atteintes. Par ailleurs, des études de floculation ont montré que les flocculateurs
25 statiques ou hydrauliques (munis de séries de chicanes et de baffles) permettent, en réalisant une floculation-piston, de diviser par deux le temps nécessaire à la floculation par agitateur, par exemple dans certains cas de passer de 10 minutes à 5 minutes. Sur la figure 1 des
30 dessins annexés, on a représenté un exemple de réalisation d'un flottateur mettant en œuvre cette technique. Sur cette figure, la référence 10 désigne le

coagulateur, la référence 11 le flocculateur comportant une série de chicanes et de baffles et la référence 12 désigne la cellule de flottation. Le ballon de pressurisation est désigné par les références 13. Les
5 matières en suspension qui s'accumulent à la surface de la cellule de flottation sont éliminées par un système de raclage de surface 14 et une sortie des boues en 15, l'eau clarifiée étant évacuée en 24 .

Dans une telle installation connue, assurant des
10 durées de floculation réduites et des vitesses élevées dans le flottateur 12, la flottation peut devenir extrêmement compétitive par rapport à la décantation : l'objectif de l'Homme de l'art est aujourd'hui, de réaliser des flottateurs dont le temps de floculation est
15 de l'ordre de 5 minutes, avec des vitesses de séparation de 30 à 40 m³/ m².h.

La technologie de flottation fait donc un retour en force dans le cadre de la clarification des eaux peu chargées, compte tenu des coûts compétitifs de cette
20 technologie vis-à-vis de celle de la décantation et également en raison de son évidente simplicité d'exploitation.

Par contre, l'inconvénient majeur de la flottation est que cette technique ne peut étendre son domaine
25 d'application au vaste domaine des eaux des rivières, eaux résiduaires (primaires, pluviales, etc), eaux de lavages,... du fait de la difficulté, voire de l'impossibilité de « flotter » des particules denses et/ou de grande taille. On a cependant tenté de réaliser
30 des flottateurs susceptibles de fonctionner sur ces eaux difficiles. Les résultats obtenus restent cependant très médiocres tant en coût d'exploitation qu'en qualité de

traitement. Il est alors nécessaire de mettre en œuvre des systèmes d'agitation tels que des hélices pour éviter des dépôts dans les flocculateurs et de prévoir un système de racleur de fond dans la cellule de flottation. La figure 2 des dessins annexés illustre un exemple de réalisation de ce type d'installation. On y a représenté en 16 les hélices positionnées dans le flocculateur 11 et en 17 le racleur placé au fond de la cellule de flottation 12. L'inconvénient majeur de ce type de flocculation par agitation mécanique est qu'il impose des flocculateurs volumineux et entraîne une « inflation » des temps de séjour de l'effluent à traiter dans l'installation.

Par ailleurs, la décantation des floccs lourds au fond de la cellule de flottation 12 (où se situe la sortie de l'effluent traité) et leur remise en suspension lors du passage du racleur 17 produit une eau clarifiée de qualité médiocre.

Partant de l'état de la technique mentionné ci-dessus, la présente invention se propose de résoudre le problème technique consistant à traiter par flottation des eaux contenant non seulement des particules flottables, mais également des particules lourdes non flottables, tout en maintenant une qualité optimale de l'eau clarifiée, en conservant la compacité de la zone de flocculation hydraulique ou statique et en assurant un flottateur exempt de boues de fond.

Ce problème technique est résolu par un procédé de clarification par flottation des eaux chargées en matières en suspension, caractérisé en ce que le traitement de clarification s'effectue en deux étapes successives mises en œuvre dans une seule installation :

- une étape de floculation statique à courant descendant, à laquelle est intégrée une étape de séparation primaire des particules les plus lourdes, la zone dans laquelle s'effectue l'étape de séparation primaire des particules les plus lourdes étant située sous la zone dans laquelle est mise en œuvre l'étape de floculation statique et comportant une évacuation des particules les plus lourdes et
- une étape de flottation assurant l'élimination des particules légères dont la vitesse de décantation est inférieure au seuil de coupure du flottateur.

L'invention vise également un dispositif pour la mise en œuvre du procédé tel que spécifié ci-dessus, ce dispositif étant caractérisé en ce qu'il comporte dans une même enceinte : un flocculateur statique muni de chicanes et de baffles, un décanteur lamellaire positionné immédiatement en dessous du flocculateur statique, les particules les plus lourdes issues de la décantation primaire étant évacuées à la partie inférieure du flocculateur/décanteur, et un flottateur avec son système de pressurisation-détente générant les microbulles nécessaires à la flottation des particules les plus légères.

Ainsi qu'on le comprend, l'idée à la base de la présente invention est de réaliser la dernière étape de floculation sous forme de zone de floculation statique à courant descendant, à assurer sous celle-ci une séparation primaire équipée d'une évacuation des particules les plus lourdes, le tout en amont de la zone de flottation proprement dite : dans ces conditions, la cellule de flottation ne travaille que sur des particules légères, qu'elle élimine facilement.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-après, en référence aux dessins annexés qui en illustrent des exemples de réalisation dépourvus de tout caractère limitatif. Sur les dessins :

- les figures 3 à 5 représentent de façon schématique, en coupe verticale, des modes de réalisation d'une installation de clarification mettant en œuvre le procédé de l'invention.

En se référant à la figure 1, on y retrouve le flocculateur 11 et le flottateur 12 avec son moyen de raclage de surface 14. Selon l'invention, on prévoit en amont du flottateur 12 un flocculateur statique à chicanes 18 sous lequel est placé un module de décantation lamellaire 19. L'ensemble réalisé par le flocculateur 18 et le module de décantation lamellaire 19 constitue la zone de floculation statique à courant descendant-séparation primaire des particules les plus lourdes, ces dernières étant évacuées en 20 à la partie inférieure de cette zone.

Grâce à cette réalisation, l'invention permet de traiter la plupart des types d'eaux, y inclus celles contenant des particules trop légères pour décanter et trop lourdes pour flotter.

L'étage de modules de décantation lamellaire 19 situé sous les baffles ou chicanes du flocculateur statique 18 assure, outre la décantation des particules les plus lourdes, deux fonctions complémentaires :

- en multipliant les surfaces de dépôt, il permet de capter des particules dont la vitesse de décantation est 5 à 20 plus faible que la vitesse de traversée de la cellule de flottation. La vitesse des plus petites

particules retenues définit ce que l'on appelle, le pouvoir de coupure du décanteur ;

- en créant, à l'intérieur des modules lamellaires, un régime essentiellement laminaire, qui assure aux particules les plus légères et les plus fragiles une dernière étape de floculation à très basse énergie où elles pourront finir de « mûrir » et de se structurer.

Les particules plus lourdes se déposent à l'intérieur des tubes ou plaques des modules de décantation lamellaire 19. Ces modules font un angle, par rapport à l'horizontale, supérieur à l'angle de talutage des particules, c'est-à-dire que déposées sur ces modules, lesdites particules glissent progressivement vers le bas. Lors de ce déplacement, ces particules ou floccs vont rouler et s'agglomérer à d'autres particules. A la partie inférieure du module de décantation lamellaire 19, elles seront, donc, plus grosses, plus denses et leur vitesse de décantation propre sera considérablement plus grande. Dans ces conditions, au débouché du module de décantation lamellaire, elles n'auront aucun mal à traverser le flux hydraulique et à atteindre le fond du flocculateur/décanteur où elles s'accumulent avant d'être évacuées en 20. Dans l'exemple de réalisation illustré par la figure 3, cette évacuation s'effectue par gravité, alors que dans le mode d'exécution de la figure 4 (par ailleurs identique au mode de réalisation de la figure 3), cette évacuation est réalisée par un système de raclage 21.

Le flux hydraulique qui est ensuite dirigé vers la cellule de flottation 12 est donc débarrassé des particules les plus lourdes qui ont été captées par le module de décantation lamellaire 19 et il n'est plus

chargé que des particules légères qui ont été structurées pour la flottation à travers les étapes de la floculation statique (en 18) et de la floculation laminaire (en 19).

La floculation peut être une floculation mécanique sans réactif, c'est-à-dire que le floc se forme et grossit sous le simple effet de la turbulence de l'agitation, qui peut être induite par des dispositifs statiques (baffles, chicanes) ou mécaniques (hélices, agitateurs). C'est par exemple le cas avec des floccs biologiques.

Toutefois, la floculation est le plus souvent un phénomène physico-chimique. Elle comprend une première étape de coagulation au cours de laquelle les micro-particules (colloïdes) sont déstabilisées (leur potentiel Zeta est neutralisé) par l'adjonction d'un sel métallique (Fe+++ ou Al+++), ce qui va leur permettre de s'agglomérer et de grossir dans la deuxième étape, dite de floculation, pour former des floccs légers.

En général, cette étape suffit pour la flottation. Pour former des floccs plus denses, plus gros, aptes à la décantation, un polymère est injecté en tête de la floculation.

Dans l'exemple de réalisation illustré par la figure 5, l'installation mettant en œuvre le procédé objet de l'invention comporte une cellule additionnelle de floculation mécanique 22 maintenue sous agitation, dans laquelle peut être injecté un flocculant (polymère), cette cellule 22 étant positionnée à l'amont du flocculateur statique 18-décanteur 19.

Afin que le procédé soit totalement efficace, c'est-à-dire pour qu'il permette d'atteindre 100% d'élimination des matières en suspension, il faut que la vitesse des

particules retenues dans le flocculateur-décanteur (vitesse qui correspond au pouvoir de coupure du décanteur), soit inférieure ou égale à la vitesse de décantation des particules flottables.

5 Afin d'illustrer cette caractéristique, on a donné ci-après quelques exemples :

- 10 1 - Si le flocculateur 18-décanteur 19 retient les particules ayant des vitesses supérieures à 10 m/h (pouvoir de coupure du décanteur) et si le flottateur 12 ne peut « flotter » que les particules dont la vitesse de décantation est inférieure à 5 m/h, il en résultera que les particules dont les vitesses de décantation sont comprises entre 5 et 10 m/h, traverseront à la fois le flocculateur-décanteur lamellaire, et le flottateur, pour venir finalement polluer l'eau clarifiée.
- 15 2 - Si par contre, le flocculateur-décanteur retient les particules ayant des vitesses supérieures à 4 m/h et si le flottateur peut flotter les particules dont la vitesse de décantation est inférieure à 5 m/h, alors l'ensemble de l'installation (flocculateur-décanteur + flottateur) aura retenu 100% des particules.
- 20 3 - Si le flocculateur-décanteur retient les particules ayant des vitesses supérieures à 1 m/h et si le flottateur peut flotter les particules dont la vitesse de décantation est inférieure à 10 m/h, il est évident à nouveau que l'installation aura retenu 100 % des particules, mais force est de constater que ce dispositif est surdimensionné ou que les réactifs sont surdosés.
- 25 30

Sur la base d'un dimensionnement raisonnable de l'installation, il apparaît ainsi qu'il est possible de piloter cette dernière, selon l'invention, afin de couvrir le traitement de tous les types d'eau en jouant sur les doses respectives du coagulant et du flocculant (polymère).

En ce qui concerne, les trois cas examinés dans les exemples ci-dessus, on fera les commentaires ci-après :

- 1 - Dans le premier cas, plusieurs voies sont offertes pour améliorer le fonctionnement : il est d'abord possible, en augmentant les doses de coagulant, de changer la structure des particules ou floccs les plus lourds sortant du flocculateur-décanteur, de telle sorte qu'ils puissent flotter malgré des vitesses de décantation de 10 m/h. On peut aussi, côté flocculateur, placer un module de décantation lamellaire plus performant pour avoir un pouvoir de coupure inférieur à 5 m/h (par exemple, en adoptant un plus petit diamètre ou une plus grande longueur pour les tubes constituant le module, ce qui entraîne une augmentation de la surface de dépôt). Il est évidemment plus simple d'augmenter le dosage de polymère, de telle sorte que tous les floccs ou particules susceptibles de ne pas flotter aient une vitesse de décantation supérieure à 10 m/h.
- 2 - Dans le deuxième cas, on considère que les doses de réactifs et le dimensionnement sont convenablement choisis.
- 3 - Dans le troisième cas, il est clair qu'il y a surdosage. Il faut, soit réduire ou supprimer le flocculant (polymère), soit réduire la dose de coagulant : le choix dépend de la filière de

traitement. La réduction du coagulant est souvent économiquement plus intéressante. Mais la réduction du polymère limite le pouvoir colmatant de l'eau, facteur particulièrement critique si l'appareil est suivi d'un filtre ou d'un traitement sur membrane.

Il ressort des commentaires ci-dessus que l'invention permet de traiter quasiment tous les types d'eau et d'optimiser aisément le dosage des réactifs.

On décrira maintenant un exemple de mise en œuvre du procédé objet de l'invention. Cet exemple se réfère à des essais qui ont été réalisés sur une eau de rivière relativement chargée, laquelle ne pouvait être traitée directement selon la technique de flottation conventionnelle.

Les caractéristique de l'eau brute traitée étaient les suivantes :

- température comprise entre 5 et 7°C ;
- matières en suspension : 60 à 195 g/ m³ ;
- turbidité 37 à 110 NTU.

On a utilisé une unité pilote de 30 m³/h du type illustré par la figure 5, c'est-à-dire comportant les caractéristiques principales suivantes :

- un mélangeur avec forte agitation mécanique, où est injecté le coagulant ;
- un étage de floculation mécanique par agitateur 22 où est injecté le polymère ou flocculant ;
- un étage de floculation statique 18 présentant un temps de séjour de 4 minutes et une section de 0,8 m², et comprenant de haut en bas trois séries de baffles, sous lequel est disposé un décanteur lamellaire 19 et une trémie 23 de reprise des particules ou floccs décantés. Ce module lamellaire est formé de conduits

de section hexagonale de 50 mm de hauteur et de 750 mm de long. Il développe une surface active de 8,7 m² par m² installé, ce qui signifie qu'il est capable de diviser par 8,7 la vitesse des plus petites particules retenues par ce décanteur (cf loi de Hazen) . La vitesse apparente dans le flocculateur ne peut retenir que les particules décantant à plus de 37,5 m/h (30 m³/h / 0,8 m²) . Grâce au module de décantation lamellaire 19, il est possible de retenir des particules décantant à $37,5 / 8,7 = 4,3$ m/h ou plus, (pouvoir de coupure du module de décantation lamellaire ;

- la cellule de flottation proprement dite 12 présentant une surface de section de 1 m². La vitesse apparente sur cette section est donc de 30 m/h.

Par ailleurs, cette unité pilote était équipée d'un système de pressurisation détente, désigné par la référence 13 générant des microbulles de diamètre inférieur à 100 µm qui sont mélangées à l'eau flocculée entrant dans la cellule de flottation 12.

Pour différents dosages de réactif, les résultats obtenus sur cette unité pilote sont les suivants :

- 1 - Coagulant = 25 g/m³ et polymère = 0,2 g/m³
Eau traitée :
 - Turbidité = 0,6 à 1.1 NTU
 - Matières en suspension = 0,9 à 2 g/m³
- 2 - Coagulant = 25 g/m³ et polymère = 0 g/m³
Eau traitée :
 - Turbidité = 2 à 4 NTU
 - Matières en suspension = 5 à 9,8 g/m³
- 3 - Coagulant = 50 g/m³ et polymère = 0 g/m³

Eau traitée :

- Turbidité = 1 à 1,9 NTU

- Matières en suspension = 2,5 à 4,2 g/m³

4 - Coagulant = 50 g/m³ et polymère = 0,2 g/m³

5 Eau traitée :

- Turbidité = 0,4 à 0,9 NTU

- Matières en suspension = 0,9 à 1,8 g/m³

En conclusion, les résultats pratiques obtenus sur cette unité pilote ont permis de vérifier que :

10 - le procédé selon l'invention permet d'obtenir un rendement d'élimination des matières en suspension supérieur à 90%, même sur des eaux relativement chargées ;

15 - le réglage des doses respectives de coagulant et de flocculant permet d'adapter les performances respectives du flocculateur-décanteur et du flottateur ;

20 - les résultats de l'essai n° 4 sont, en valeur absolue, les plus satisfaisants, mais au prix d'une consommation élevée de coagulant (surdose). Les meilleures conditions opératoires sont celles de l'essai n° 1.

25 - au moins dans le cas des caractéristiques d'eau brute mentionnées ci-dessus, il est vérifié que l'absence ou l'insuffisance de flocculant ne permet pas au flocculateur-décanteur de retenir convenablement les particules lourdes.

On peut, sans sortir du cadre de la présente invention, envisager diverses variantes de mise en œuvre et/ou de réalisation.

30 Ainsi, dans tous les cas où une coagulation physico-chimique est nécessaire, la cellule de floculation peut être précédée d'une zone de mélange à forte énergie pour mélanger le coagulant (réacteur avec agitateur, réacteur

statique ascensionnel à forte perte de charge, mélangeur en ligne, déversoir, etc). Le flocculant (polymère), s'il est nécessaire, est injecté à la sortie de la zone de mélange ou dans le premier flocculateur agité. Cette
5 variante correspond à la figure 5 examinée ci-dessus.

Suivant la taille de la cellule de flocculation-décantation, l'évacuation des boues de fond se fait, soit à travers une trémie 23 (figures 3 et 5), soit par l'intermédiaire d'un racleur 21 (figure 4), soit par tout
10 autre système d'extraction de boues, connu de l'Homme de l'art.

Si le temps de séjour l'impose, la cellule de flocculation statique peut être précédée d'un ou plusieurs étages de flocculation avec agitateur. Ces cellules sont
15 agitées pour éviter les dépôts.

Quand un effluent à traiter présente une charge élevée en matières en suspension, les performances du flottateur sont limitées par le flux massique à évacuer ($\text{kg}/\text{m}^2.\text{h}$). La vitesse de traitement est alors réduite
20 proportionnellement audit flux massique.

On comprend de la description qui précède que le procédé selon l'invention permet d'éliminer une partie de la charge en matières en suspension dans le flocculateur-décanteur, en augmentant la dose de flocculant (polymère).
25 Le flux massique sur le flottateur est aussi notablement réduit, ce qui lui permet de fonctionner à grande vitesse en assurant un rôle de finition. Ainsi, grâce à l'invention qui consiste à combiner deux étapes de traitement, flocculation - décantation et flottation,
30 toute particule en suspension, non retenue au niveau du flocculateur-décanteur, présente une vitesse de décantation inférieure à la vitesse de flottation, ce qui

permet d'assurer son élimination lors de l'étape de flottation.

Le procédé tel que décrit va à l'encontre de la tendance des préjugés de l'Homme de l'art qui, chaque fois qu'il est question de flottation, cherchera à
5 utiliser des réactifs susceptibles d'alléger le floc, alors qu'au contraire l'invention recherche la densification des particules lourdes, en particulier.

De plus, afin de rechercher la compacité maximale des installations, et toujours à l'encontre de la
10 tendance de l'Homme de l'art, l'invention met en oeuvre un système de décantation lamellaire, conçu pour n'être que partiellement efficace (les lamellaires sont normalement utilisés en séparation fine ...) et utilise
15 l'étape de flottation comme une étape de finition.

Il demeure bien entendu que la présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation décrits et représentés ci-dessus, mais qu'elle en englobe toutes les variantes. C'est ainsi que le dispositif selon
20 l'invention peut comporter, à l'amont du flocculateur-décanteur, un mélangeur ou un moyen d'injection en ligne pouvant être prévu par exemple sur le déversoir alimentant ce flocculateur-décanteur.

REVENDICATIONS

1 - Procédé de clarification par flottation des eaux chargées en matières en suspension, caractérisé en ce que le traitement de clarification s'effectue en deux étapes successives mises en œuvre dans une seule installation :

- une étape de floculation statique à courant descendant, à laquelle est intégrée une étape de séparation primaire des particules les plus lourdes, la zone dans laquelle s'effectue l'étape de séparation primaire des particules les plus lourdes étant située sous la zone dans laquelle est mise en œuvre l'étape de floculation statique et comportant une évacuation des particules les plus lourdes, les vitesses de décantation des particules les plus lourdes, retenues lors de cette étape de floculation statique/séparation primaire, étant inférieures ou égales aux vitesses de décantation des particules flottables et

- une étape de flottation assurant l'élimination des particules légères dont la vitesse de décantation est inférieure au seuil de coupure du flottateur.

2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de floculation est précédée d'une étape de mélange sous forte énergie pour l'introduction d'un ou plusieurs réactifs (coagulant, polymère,...)

3 - Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de floculation statique est précédée d'une ou de plusieurs étapes de floculation sous agitation.

4 - Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte dans une même enceinte :

un flocculateur statique (18) muni de chicanes et de baffles, un décanteur lamellaire (19) positionné immédiatement en dessous du flocculateur statique (18), les particules les plus lourdes issues de la décantation primaire étant évacuées à la partie inférieure du flocculateur/décanteur, et un flottateur (12) avec son système de pressurisation-détente (13) générant les microbulles nécessaires à la flottation des particules les plus légères.

5
10
15
5 - Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une ou plusieurs cellules de floculation mécanique (22) maintenue sous agitation, dans laquelle s'effectue l'injection de flocculant, ladite cellule étant interposée entre le coagulateur (10) et le flocculateur statique (18)-décanteur lamellaire (19).

20
6 - Dispositif selon la revendication 4 caractérisé en ce qu'il comporte à l'amont du flocculateur-décanteur, un mélangeur ou un moyen d'injection en ligne pouvant être positionné sur le déversoir alimentant ce flocculateur-décanteur.

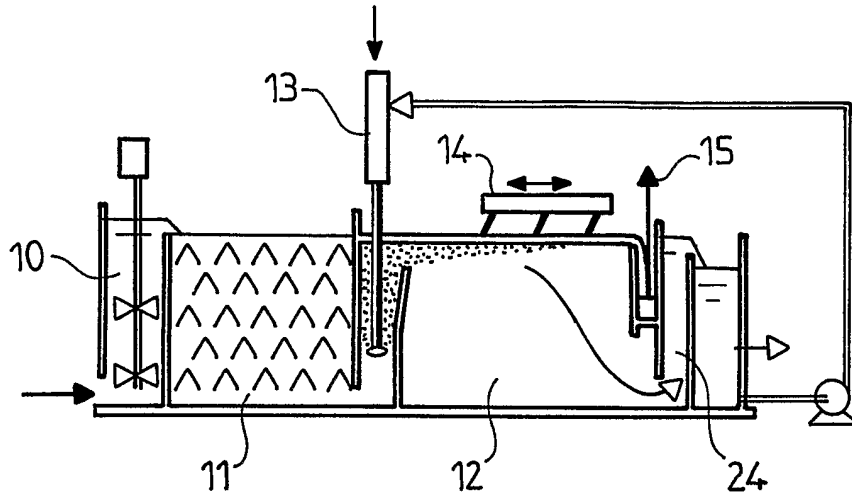


FIG.1

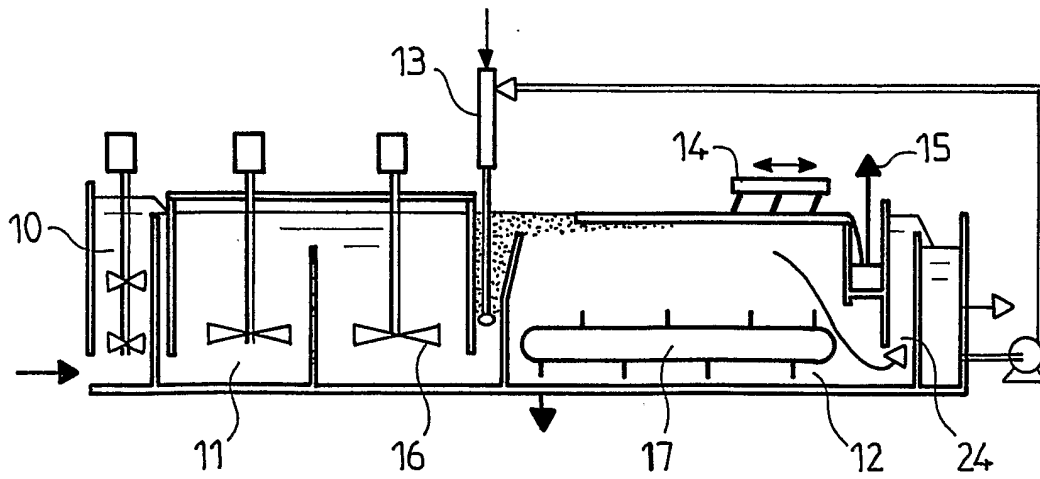


FIG.2

2/2

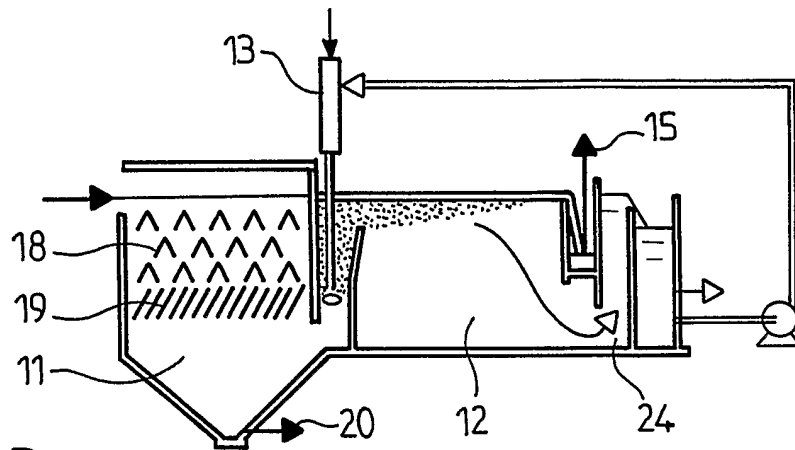


FIG. 3

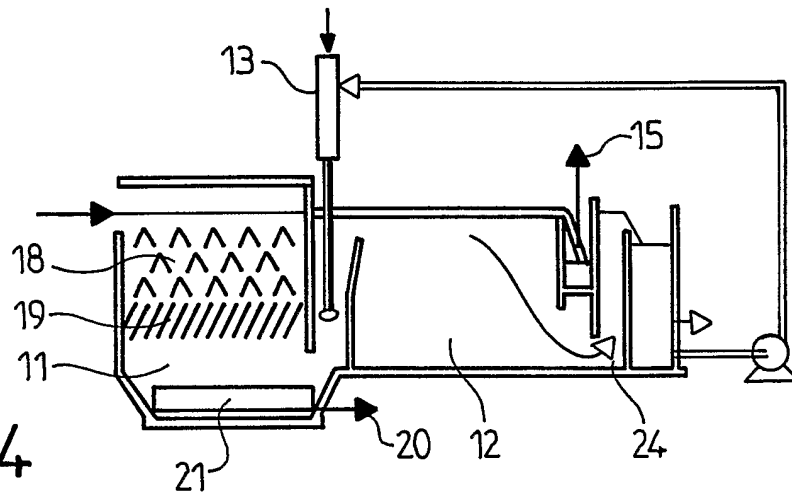


FIG. 4

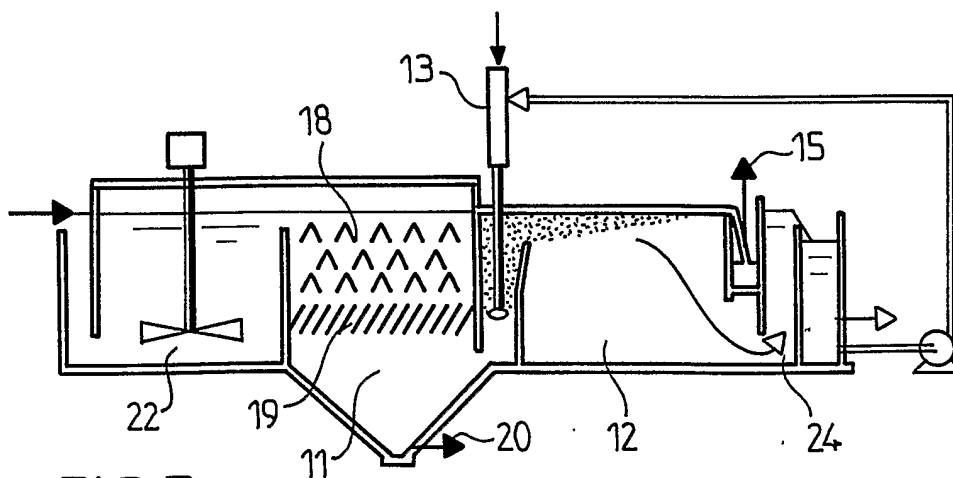


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 03/00725

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 C02F1/24 B03D1/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 C02F B03D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 174 434 B1 (KROFTA MILOS) 16 January 2001 (2001-01-16) column 6, line 52 - line 62 column 8, line 3 - line 25; figure 2 ---	1,4
A	US 5 169 004 A (POS JACOBUS) 8 December 1992 (1992-12-08) the whole document ---	1-7
A	US 5 900 154 A (HENRIKSEN NOROLF) 4 May 1999 (1999-05-04) the whole document ---	1-7
A	EP 0 267 328 A (KREYENBERG HEINER) 18 May 1988 (1988-05-18) the whole document ---	1-7
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 August 2003

Date of mailing of the international search report

20/08/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Liebig, T

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 03/00725

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 01 60494 A (PENNO JEFFREY ;EADES ANDREW (US); LEOPOLD CO INC F B (US)) 23 August 2001 (2001-08-23) the whole document -----	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 03/00725

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date			
US 6174434	B1	16-01-2001	US 5863441 A	26-01-1999			
			US 5846413 A	08-12-1998			
			AU 3212000 A	07-08-2000			
			WO 0043320 A1	27-07-2000			
			AU 2992197 A	19-11-1997			
			EP 0971856 A1	19-01-2000			
			WO 9741067 A1	06-11-1997			
US 5169004	A	08-12-1992	DE 4128665 C1	04-03-1993			
			DE 4134487 C1	04-03-1993			
			AT 115095 T	15-12-1994			
			DE 59103818 D1	19-01-1995			
			DK 529149 T3	01-05-1995			
			EP 0529149 A1	03-03-1993			
			ES 2067131 T3	16-03-1995			
			GR 3015307 T3	30-06-1995			
			US 5900154	A	04-05-1999	NO 950333 A	22-04-1996
AU 3756895 A	15-05-1996						
BR 9509389 A	16-09-1997						
CA 2203108 A1	02-05-1996						
DE 69509545 D1	10-06-1999						
DE 69509545 T2	23-09-1999						
DK 787107 T3	15-11-1999						
EP 0787107 A1	06-08-1997						
WO 9612678 A1	02-05-1996						
EP 0267328	A	18-05-1988				DE 3631472 A1	24-03-1988
						AT 60921 T	15-03-1991
			DE 3677604 D1	28-03-1991			
			DE 8616498 U1	07-03-1991			
			EP 0267328 A1	18-05-1988			
WO 0160494	A	23-08-2001	AU 3496301 A	27-08-2001			
			EP 1268027 A1	02-01-2003			
			WO 0160494 A1	23-08-2001			

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 C02F1/24 B03D1/14

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 C02F B03D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 6 174 434 B1 (KROFTA MILOS) 16 janvier 2001 (2001-01-16) colonne 6, ligne 52 - ligne 62 colonne 8, ligne 3 - ligne 25; figure 2 ----	1, 4
A	US 5 169 004 A (POS JACOBUS) 8 décembre 1992 (1992-12-08) le document en entier ----	1-7
A	US 5 900 154 A (HENRIKSEN NOROLF) 4 mai 1999 (1999-05-04) le document en entier ----	1-7
A	EP 0 267 328 A (KREYENBERG HEINER) 18 mai 1988 (1988-05-18) le document en entier ----	1-7
	-/--	

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *&* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

12 août 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

20/08/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Liebig, T

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 01 60494 A (PENNO JEFFREY ; EADES ANDREW (US); LEOPOLD CO INC F B (US)) 23 août 2001 (2001-08-23) le document en entier -----	1-7

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/FR 03/00725

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6174434	B1	16-01-2001	US 5863441 A	26-01-1999
			US 5846413 A	08-12-1998
			AU 3212000 A	07-08-2000
			WO 0043320 A1	27-07-2000
			AU 2992197 A	19-11-1997
			EP 0971856 A1	19-01-2000
			WO 9741067 A1	06-11-1997
US 5169004	A	08-12-1992	DE 4128665 C1	04-03-1993
			DE 4134487 C1	04-03-1993
			AT 115095 T	15-12-1994
			DE 59103818 D1	19-01-1995
			DK 529149 T3	01-05-1995
			EP 0529149 A1	03-03-1993
			ES 2067131 T3	16-03-1995
			GR 3015307 T3	30-06-1995
US 5900154	A	04-05-1999	NO 950333 A	22-04-1996
			AU 3756895 A	15-05-1996
			BR 9509389 A	16-09-1997
			CA 2203108 A1	02-05-1996
			DE 69509545 D1	10-06-1999
			DE 69509545 T2	23-09-1999
			DK 787107 T3	15-11-1999
			EP 0787107 A1	06-08-1997
			WO 9612678 A1	02-05-1996
			EP 0267328	A
AT 60921 T	15-03-1991			
DE 3677604 D1	28-03-1991			
DE 8616498 U1	07-03-1991			
EP 0267328 A1	18-05-1988			
WO 0160494	A	23-08-2001	AU 3496301 A	27-08-2001
			EP 1268027 A1	02-01-2003
			WO 0160494 A1	23-08-2001