

FASCICULE DEBREVET D'INVENTION

21 Numéro de dépôt: 1201300139
(PCT/IB11/054471)

22 Date de dépôt : 11/10/2011

30 Priorité(s) :
FR n° 1058369 du 14/10/2010

24 Délivré le : 31/03/2014

45 Publié le : 11.05.2015

73 Titulaire(s) :

TOTAL S.A.,
2, Place Jean Millier,
La Défense 6, 92400 COURBEVOIE (FR)

72 Inventeur(s) :

Samuel HENG (FR)
Pierre PEDENAUD (FR)
Philippe COFFIN (FR)

74 Mandataire : Cabinet EKANI-CONSEILS,
B.P. 5852, YAOUNDE (CM).

54 Titre : Traitement de l'eau dans au moins une unité de filtration membranaire pour la récupération assistée d'hydrocarbures.

57 Abrégé :

L'invention concerne un procédé de traitement d'eau, comprenant :

- le prélèvement d'eau dans l'environnement;
- la filtration de l'eau prélevée dans une unité de filtration membranaire;
- l'extraction d'un flux de production d'une formation souterraine contenant des hydrocarbures;
- la séparation et la collecte d'eau de production issue du flux de production;
- la filtration de l'eau de production dans ladite unité de filtration membranaire;
- la collecte d'un flux d'eau traitée issu de ladite unité de filtration membranaire.

L'invention concerne également une installation adaptée à la mise en œuvre de ce procédé.

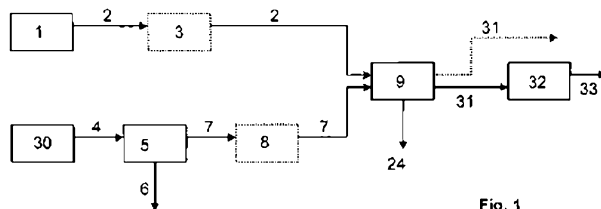


Fig. 1

TRAITEMENT DE L'EAU DANS AU MOINS UNE UNITE DE FILTRATION
MEMBRANAIRE POUR LA RECUPERATION ASSISTEE
D'HYDROCARBURES

5

DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention concerne un procédé de traitement d'eau dans le cadre de la production d'hydrocarbures, et plus particulièrement de la récupération assistée d'hydrocarbures, ainsi qu'une installation adaptée à la mise en œuvre de ce procédé.

10

ARRIERE-PLAN TECHNIQUE

Dans le domaine de la production d'hydrocarbures, après les opérations de récupération d'hydrocarbures au moyen de la pression naturelle de la formation souterraine contenant les hydrocarbures, dite « primaire », on procède généralement à une récupération dite « secondaire » par injection d'eau.

15

Dans ce contexte, il est généralement nécessaire de traiter deux types de flux aqueux, à savoir une eau prélevée dans l'environnement et qui est destinée à être injectée (au moins initialement) dans la formation souterraine, et une eau de production, qui représente la fraction aqueuse récupérée dans les puits de production. Cette eau de production peut être rejetée dans l'environnement ou, de préférence, peut être réutilisée comme eau d'injection à partir du moment où elle est obtenue en quantité suffisante.

20

Ces deux flux aqueux présentent des caractéristiques relativement différentes en ce qui concerne leur teneur en divers contaminants, et notamment en matières solides et en hydrocarbures. Par conséquent, ces flux aqueux sont traités de manière différente, ce qui entraîne une multiplication des équipements qui est particulièrement indésirable dans les environnements encombrés, notamment en mer.

25

30

Il existe donc un réel besoin de mettre au point un procédé de traitement d'eau dans le cadre de la récupération assistée d'hydrocarbures qui soit à la fois efficace et plus simple à mettre en œuvre, en particulier avec un nombre réduit d'équipements.

35

RESUME DE L'INVENTION

L'invention concerne en premier lieu un procédé de traitement d'eau, comprenant :



ORIGINAL

- le prélèvement d'eau dans l'environnement ;
- la filtration de l'eau prélevée dans une unité de filtration membranaire ;
- l'extraction d'un flux de production d'une formation souterraine contenant des hydrocarbures ;
- la séparation et la collecte d'eau de production issue du flux de production ;
- la filtration de l'eau de production dans ladite unité de filtration membranaire ;
- la collecte d'un flux d'eau traitée issu de ladite unité de filtration membranaire.

Selon un mode de réalisation, le prélèvement d'eau est effectué dans la mer, une rivière, un lac, un aquifère et / ou un effluent d'eau usée.

- Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre la purification du flux d'eau traitée dans une unité de filtration membranaire supplémentaire, et la collecte d'un flux d'eau traitée et purifiée issu de l'unité de filtration membranaire supplémentaire.

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend :

- le prétraitement de l'eau de production préalablement à la filtration de celle-ci, ledit prétraitement comprenant de préférence une ou plusieurs étapes choisies parmi une séparation gaz / liquide, une séparation liquide / solide et une séparation eau / hydrocarbures ; et / ou
- le prétraitement de l'eau prélevée préalablement à la filtration de celle-ci, ledit prétraitement comprenant de préférence une ou plusieurs étapes choisies parmi une filtration préliminaire, une désoxygénation, une chlorination, une désulfatation, un traitement biocide et une injection de composés anti-dépôt ou anti-corrosion.

- Selon un mode de réalisation, le procédé est mis en œuvre en mer sur un support flottant ou au fond de la mer.

Selon un mode de réalisation, l'unité de filtration est une unité de filtration tangentielle.

Selon un mode de réalisation, la filtration dans l'unité de filtration comprend :

- l'alimentation en eau d'au moins un module de filtration membranaire ;
- la collecte d'un perméat et la collecte d'un rétentat en sortie du module de filtration membranaire ;

- le prélèvement de matières solides et / ou d'hydrocarbures contenus dans le rétentat, pour fournir un rétentat traité ;
- le recyclage du rétentat traité en entrée du module de filtration membranaire.

5 L'invention concerne également une installation de traitement d'eau, comprenant :

- des moyens de prélèvement d'eau dans l'environnement ;
- une unité d'extraction d'hydrocarbures contenus dans une formation souterraine ;
- 10 – une unité de filtration membranaire ;
- une ligne d'amenée d'eau prélevée, issue des moyens de prélèvement d'eau et alimentant l'unité de filtration membranaire ;
- une ligne d'amenée d'eau de production, alimentée par l'unité d'extraction d'hydrocarbures et alimentant l'unité de filtration
- 15 membranaire ; et
- une ligne de collecte d'eau traitée, issue de l'unité de filtration membranaire.

Selon un mode de réalisation, l'unité de filtration membranaire est une unité de filtration membranaire tangentielle.

20 Selon un mode de réalisation, l'installation comprend :

- au moins un module de filtration membranaire ;
- une ligne d'amenée d'eau connectée en entrée du module de filtration membranaire ;
- une ligne de collecte de perméat connectée en sortie des modules
- 25 de filtration membranaire ;
- des moyens de collecte de rétentat connectés en sortie des modules de filtration membranaire ;
- des moyens de séparation liquide / solide et / ou des moyens de séparation eau / hydrocarbures alimentés par les moyens de collecte de rétentat ;
- 30 – une ligne de recyclage de rétentat traité connectée en sortie des moyens de séparation liquide / solide et / ou des moyens de séparation eau / hydrocarbures et alimentant la ligne d'amenée d'eau ;

35 et les moyens de séparation liquide / solide et / ou les moyens de séparation eau / hydrocarbures comprennent de préférence un hydrocyclone.

Selon un mode de réalisation, l'unité de filtration membranaire comprend une pluralité de trains de filtration membranaire, chaque train de

filtration membranaire comprenant une pompe d'alimentation et un ou plusieurs circuits qui comprennent chacun un ou plusieurs modules de filtration membranaire ; et un système de distribution, alimenté par la ligne d'amenée d'eau prélevée et la ligne d'amenée d'eau de production et alimentant les trains de filtration membranaire.

Selon un mode de réalisation, l'unité de filtration membranaire comporte des filtres membranaires inorganiques ou des filtres membranaires organiques ou des filtres membranaires hybrides, de préférence des filtres membranaires inorganiques sont en céramique à base de Al_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 , SiO_2 , MgO , SiC ou un mélange de ceux-ci et de manière plus particulièrement préférée des filtres membranaires en céramique à base de SiC .

Selon un mode de réalisation, l'installation comprend :

- une unité de filtration membranaire supplémentaire, alimentée par la ligne de collecte d'eau traitée ;
- une ligne de collecte d'eau traitée et purifiée connectée en sortie de l'unité de filtration membranaire supplémentaire.

Selon un mode de réalisation, l'installation comprend :

- une unité de prétraitement située sur la ligne d'amenée d'eau de production, et comprenant de préférence un ou plusieurs systèmes de séparation choisis parmi les systèmes de séparation gaz / liquide, de séparation liquide / solide et de séparation eau / hydrocarbures ; et / ou
- une unité de prétraitement située sur la ligne d'amenée d'eau prélevée, et comprenant de préférence un ou plusieurs équipements choisis parmi un système de filtration préliminaire, un système de désoxygénation, un système de chlorination, un système de désulfatation, un système de traitement biocide et un système d'injection de composés anti-dépôt ou anti-corrosion.

Selon un mode de réalisation, l'installation est disposée sur un support flottant en mer ou sur le fond marin.

L'invention concerne également un procédé de production d'hydrocarbures comprenant :

- un traitement d'eau selon le procédé décrit ci-dessus ;
- éventuellement l'ajout d'un ou plusieurs additifs dans l'eau traitée, et le cas échéant purifiée ;
- l'injection de l'eau traitée, et le cas échéant purifiée, dans la formation souterraine ;

- la récupération d'un flux d'hydrocarbures issu du flux de production.

La présente invention permet de surmonter les inconvénients de l'état de la technique. Elle fournit plus particulièrement un procédé de traitement d'eau (et une installation correspondante) qui est à la fois efficace et plus simple à mettre en œuvre que les procédés utilisés dans l'état de la technique. En particulier, l'invention peut être mise en œuvre avec un nombre réduit d'équipements et avec un meilleur taux d'utilisation des équipements.

Ceci est accompli grâce à un traitement commun de l'eau prélevée dans l'environnement et de l'eau de production, en utilisant un même équipement, à savoir une même unité de filtration membranaire.

Selon certains modes de réalisation particuliers, l'invention présente également une ou de préférence plusieurs des caractéristiques avantageuses énumérées ci-dessous.

- L'invention permet un traitement polyvalent. En utilisant un même équipement, on peut soit traiter uniquement de l'eau prélevée dans l'environnement (notamment au stade initial de l'exploitation de la formation souterraine), soit traiter uniquement de l'eau de production (si celle-ci est récoltée en quantité suffisante, après le stade initial de l'exploitation de la formation souterraine), soit encore traiter simultanément de l'eau de production et de l'eau prélevée dans l'environnement (fournissant un appoint pour l'injection).
- L'invention permet, si on le souhaite, d'obtenir une très bonne qualité d'eau d'injection, permettant non seulement une injection dans la formation souterraine en mode fracturé, mais également éventuellement en mode matriciel. Elle permet également un rejet d'eau dans l'environnement.
- L'invention permet d'obtenir une qualité d'eau constante quelles que soient les variations d'alimentation, et notamment les variations de débit en entrée.
- La filtration membranaire est simple à contrôler. Aucun gaz n'est généré, ce qui est compatible avec une utilisation sous-marine.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

La **figure 1** représente de manière schématique un mode de réalisation de l'installation selon l'invention. 

La **figure 2** représente de manière schématique un mode de réalisation de l'unité de filtration membranaire utilisée dans l'invention.

La **figure 3** représente de manière schématique un mode de réalisation d'un circuit présent dans l'unité de filtration membranaire utilisée dans l'invention.

DESCRIPTION DE MODES DE REALISATION DE L'INVENTION

L'invention est maintenant décrite plus en détail et de façon non limitative dans la description qui suit.

En faisant référence à la **figure 1**, l'installation selon l'invention comprend une unité de filtration membranaire 9 unique, qui est alimentée ou susceptible d'être alimentée par deux flux d'eau distincts, à savoir de l'eau prélevée dans l'environnement et de l'eau de production, et ce au moyen respectivement d'une ligne d'amenée d'eau prélevée 2 et d'une ligne d'amenée d'eau de production 7.

L'eau de production désigne une eau qui est issue d'un flux de production, c'est-à-dire un flux issu d'une formation souterraine contenant des hydrocarbures. Plus précisément, une unité d'extraction d'hydrocarbures 30, comprenant un ou plusieurs puits d'extraction situés dans la formation souterraine, fournit un flux de production dans une ligne d'amenée de flux de production 4.

Le flux de production est un mélange d'hydrocarbures, d'eau et éventuellement de particules solides et / ou de gaz. Ce flux de production est séparé en plusieurs fractions dans une unité de séparation 5 alimentée par la ligne d'amenée de flux de production 4. En particulier, au moins une fraction hydrocarbonée est récupérée dans une ligne de collecte d'hydrocarbures 6, et une fraction aqueuse (l'eau de production) est soutirée dans la ligne d'amenée d'eau de production 7.

L'eau de production peut subir un traitement préliminaire avant la filtration dans l'unité de filtration membranaire 9, si cela est nécessaire compte tenu de la nature et de la qualité de l'eau de production, et compte tenu des spécifications souhaitées pour l'eau traitée. Dans ce cas, on prévoit une unité de prétraitement 8 sur la ligne d'amenée d'eau de production 7. Cette unité de prétraitement 8 peut par exemple comprendre un ou plusieurs systèmes de séparation choisis parmi les systèmes de séparation gaz / liquide, de séparation liquide / solide et de séparation eau / hydrocarbures, qui peuvent notamment comprendre un ou plusieurs hydrocyclones, ou un ou plusieurs appareils de séparation gravitaire.

L'unité de prétraitement 8, lorsqu'elle est présente, poursuit et affine la séparation entre l'eau, les hydrocarbures, les solides et les gaz du flux de production qui a été entamée dans l'unité de séparation 5.

5 Selon un mode de réalisation, on ne prévoit au contraire aucun prétraitement de l'eau de production, le traitement de l'eau de production étant directement effectué dans l'unité de filtration membranaire 9 pour plus de simplicité.

10 L'eau prélevée dans l'environnement est obtenue grâce à des moyens de prélèvement 1. Le terme « environnement » désigne non seulement l'environnement naturel (l'eau pouvant être par exemple prélevée dans les cours d'eau ou les étendues d'eau de surface, notamment rivières, lacs et mer, ou bien encore pouvant être prélevée dans une formation aquifère souterraine), mais également les sources non naturelles d'eau, tels que les effluents industriels ou domestiques (eaux usées, eaux d'égout et autres). De
15 manière générale, l'eau prélevée peut provenir de n'importe quelle source d'eau à l'exception de la formation souterraine contenant les hydrocarbures. Elle est, en d'autres termes, distincte de l'eau de production.

Selon un mode de réalisation, l'invention est mise en œuvre en mer, et l'eau est prélevée dans la mer.

20 Les moyens de prélèvement 1 peuvent comprendre des moyens d'extraction et de pompage.

L'eau prélevée peut subir un traitement préliminaire avant la filtration dans l'unité de filtration membranaire 9, si cela est nécessaire compte tenu de la nature et de la qualité de l'eau prélevée, et compte tenu des
25 spécifications souhaitées pour l'eau traitée. Dans ce cas, on prévoit une unité de prétraitement 3 sur la ligne d'amenée d'eau prélevée 2. Cette unité de prétraitement 3 peut par exemple comprendre un système de filtration préliminaire ; et / ou un système de désoxygénation ; et / ou un système de chlorination ; et / ou un système de désulfatation ; et / ou un système de
30 traitement biocide ; et / ou un système d'injection de composés anti-dépôt / anti-corrosion.

Ainsi, l'eau prélevée est prétraitée, et notamment selon les cas filtrée de façon préliminaire ; et / ou désoxygénée ; et / ou chlorinée ; et / ou désulfatée ; et / ou traitée par un agent biocide ; et / ou additionnée de
35 composés anti-dépôt ou anti-corrosion.

La filtration préliminaire en question est une filtration grossière au moyen d'un ou plusieurs filtres présentant une taille de pores supérieure à α

5 μm , et en général supérieure à 10 μm , supérieure à 100 μm voire supérieure à 1 mm.

Selon un mode de réalisation, on ne prévoit au contraire aucun prétraitement de l'eau prélevée, le traitement de l'eau prélevée étant
5 directement effectué dans l'unité de filtration membranaire 9 pour plus de simplicité.

L'eau de production et / ou l'eau prélevée sont traitées dans l'unité de filtration membranaire 9. L'eau traitée est récupérée dans au moins une ligne de collecte d'eau traitée 31 connectée en sortie de l'unité de filtration
10 membranaire 9, tandis qu'un rétentat est récupéré dans une ligne de collecte de rétentat 24, et recyclé si la filtration membranaire est de type tangentiel. L'eau traitée récupérée dans la ligne de collecte d'eau traitée 31 est de préférence utilisée pour être injectée dans la formation souterraine, dans un ou plusieurs puits d'injection. Il est possible d'ajouter un ou des additifs à
15 l'eau traitée (par exemple tensioactifs ou polymères destinés à augmenter la viscosité de l'eau), afin d'augmenter l'efficacité du balayage de la formation souterraine par l'eau injectée.

Selon un mode de réalisation, et en faisant référence à la **figure 2**, l'unité de filtration membranaire 9 comprend au moins un, et en général
20 plusieurs, trains de filtration membranaire 18, 19. Chaque train de filtration membranaire 18, 19 est alimenté par une ligne d'alimentation de train respective 10, 11, pourvue éventuellement d'un système de pompage d'alimentation respectif 12, 13.

Chaque train de filtration membranaire 18, 19 comprend au moins un,
25 et en général plusieurs, circuits 14, 15, 16, 17. Dans l'exemple illustré, un premier train de filtration membranaire 18 comprend deux circuits 14, 15 qui sont tous deux alimentés par une même ligne d'alimentation de train 10. De même, un deuxième train de filtration membranaire 19 comprend deux circuits 16, 17 qui sont tous deux alimentés par une même ligne
30 d'alimentation de train 11.

Chaque circuit 14, 15, 16, 17 comprend au moins un, et en général plusieurs, modules de filtration membranaire. En faisant référence à la **figure 3**, les modules de filtration membranaire 22, 23 peuvent être disposés en série et / ou en parallèle dans le circuit. On désigne par « module de filtration
35 membranaire » un élément individuel de filtration membranaire, comprenant un filtre membranaire. Chaque module de filtration membranaire fournit un perméat (ou filtrat) et un rétentat. 

En revenant à la **figure 2**, des lignes individuelles de collecte d'eau traitée 14', 15', 16', 17' sont connectées en sortie des circuits respectifs 14, 15, 16, 17.

5 L'unité de filtration membranaire 9 présente donc une structure modulaire et peut fonctionner de façon polyvalente, aussi bien en entrée qu'en sortie.

En ce qui concerne l'entrée, l'unité de filtration membranaire 9 comprend avantageusement un système de distribution 34 auquel sont connectées : en entrée la ligne d'amenée d'eau prélevée 2 et la ligne
10 d'amenée d'eau de production 7 ; et en sortie les lignes d'alimentation de train 10, 11. Le système de distribution 34 est adapté à alimenter séparément chaque ligne d'alimentation de train 10, 11 soit avec de l'eau prélevée, soit avec de l'eau de production, soit avec un mélange d'eau prélevée et d'eau de production, au choix de l'opérateur.

15 En ce qui concerne la sortie, l'unité de filtration membranaire 9 comprend avantageusement un système de distribution 35 auquel sont connectées : en entrée les lignes individuelles de collecte d'eau traitée 14', 15', 16', 17' ; et en sortie la ligne ou les lignes de collecte d'eau traitée 31.

En début d'exploitation de la formation souterraine, il n'y a pas d'eau
20 de production disponible, et on traite uniquement de l'eau prélevée dans l'unité de filtration membranaire 9. Par la suite, lorsque de l'eau de production est disponible, il est avantageux d'utiliser cette eau de production pour l'injection. Dans ce cas, on traite uniquement l'eau de production dans l'unité de filtration membranaire 9 (on cesse alors de prélever de l'eau dans
25 l'environnement) ; ou bien on traite à la fois de l'eau de production et de l'eau prélevée (assurant un appoint) dans l'unité de filtration membranaire 9, et ce soit dans des modules de filtration membranaires séparés, soit dans les mêmes modules de filtration membranaires (l'eau de production et l'eau prélevée pouvant être mélangées).

30 Par conséquent, dans le procédé de l'invention, la filtration de l'eau prélevée et la filtration de l'eau de production dans l'unité de séparation membranaire 9 peuvent être effectuées successivement ou simultanément, selon les périodes d'exploitation.

En cas d'excès d'eau de production selon les besoins vis-à-vis de
35 l'injection (et notamment en cas de diminution ou d'interruption ou d'arrêt de l'injection), il est possible de rejeter tout ou partie de l'eau traitée dans l'environnement au lieu de l'injecter dans la formation souterraine. 

Les filtres membranaires présents dans l'unité de filtration membranaire 9 peuvent être des filtres membranaires organiques (en polymère) ou inorganiques (en céramique) ou hybrides (en partie en inorganique et en partie en polymère). Le choix des filtres membranaires est effectué de telle sorte que ceux-ci puissent traiter à la fois de l'eau prélevée et de l'eau de production, en dépit des caractéristiques différentes de ces flux.

De préférence, les filtres membranaires doivent tolérer la présence de composés hydrocarbonés et notamment de composés aromatiques tels que le toluène et le benzène, qui peuvent être présents dans l'eau de production.

De préférence, les filtres membranaires doivent pouvoir supporter une température supérieure ou égale à 40°C, notamment supérieure ou égale à 50°C, notamment supérieure ou égale à 60°C, notamment supérieure ou égale à 70°C, notamment supérieure ou égale à 80°C, voire supérieure ou égale à 90°C, puisque l'eau de production peut atteindre ou dépasser de tels seuils de température.

Pour l'ensemble de ces raisons, il est préférable d'utiliser des filtres membranaires en céramique (qui peuvent notamment supporter une teneur en hydrocarbures allant jusqu'à 1 voire 3 % ainsi qu'une température supérieur à 100°C), et notamment des filtres membranaires à base de Al_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 , SiO_2 , MgO , SiC ou un mélange de ces derniers. Les filtres membranaires à base de SiC sont particulièrement préférés du fait de leur grande hydrophilie et leur résistance à l'abrasion: ils permettent d'obtenir un flux de perméat plus élevé et sont plus faciles à nettoyer.

Certains filtres membranaires organiques, notamment ceux à base du matériau connu sous le nom de Téflon®, peuvent également convenir, selon les applications.

Selon un mode de réalisation, tous les trains de filtration 18, 19 de l'unité de filtration membranaire 9 sont identiques ; et / ou tous les circuits 14, 15, 16, 17 des trains de filtration 18, 19 sont identiques ; et / ou tous les modules de filtration membranaire 22, 23 et tous les filtres membranaires sont identiques.

Alternativement les trains de filtration 18, 19 de l'unité de filtration membranaire 9 peuvent être différents.

L'unité de filtration membranaire 9 peut être une unité de filtration frontale ou tangentielle. La filtration membranaire frontale est plus économique, tandis que la filtration membranaire tangentielle permet de

réduire le colmatage des filtres et donc de réduire la fréquence de la maintenance nécessaire (ou d'accroître la durée de vie de l'unité).

L'unité de filtration membranaire 9 est de préférence une unité de microfiltration ou d'ultrafiltration, c'est-à-dire que les filtres membranaires qu'elle contient présentent une taille de pores de 0,01 à 10 μm , et de préférence de 0,01 à 1 μm . Ainsi, l'unité de filtration membranaire 9 est adaptée pour éliminer les gouttes d'hydrocarbures ainsi que les matières solides en suspension dans l'eau.

A titre d'exemple, l'eau en entrée de l'unité de filtration membranaire 9 peut contenir jusqu'à 1000 ppm d'hydrocarbures et jusqu'à 200 mg/L de matières solides en suspension. L'eau traitée en sortie de l'unité de filtration membranaire 9 peut contenir moins de 10 ppm (de préférence moins de 5 ppm voire moins de 1 ppm) d'hydrocarbures et moins de 10 mg/l (de préférence moins de 1 mg/l) de matières solides en suspension : elle est ainsi adaptée à l'injection (y compris en mode matriciel) ou au rejet dans l'environnement.

Si l'on souhaite obtenir une pureté d'eau encore supérieure, et notamment éliminer les sels dissous, on prévoit une unité de filtration membranaire supplémentaire 32 alimentée par la ligne de collecte d'eau traitée 31. Cette unité de filtration membranaire supplémentaire 32 est de préférence une unité de nanofiltration ou d'osmose inverse (comportant des filtres membranaires présentant une taille de pores inférieure à 0,01 μm). De l'eau traitée et purifiée est alors récupérée dans une ligne de collecte d'eau traitée et purifiée 33 connectée en sortie de l'unité de filtration membranaire supplémentaire 32.

Des moyens de traitement complémentaire peuvent également être prévus selon les besoins, par exemple une unité de désoxygénation de l'eau entre l'unité de filtration membranaire 9 et l'unité de filtration membranaire supplémentaire 32 (dans ce cas il est inutile de prévoir une désoxygénation en amont de l'unité de filtration membranaire 9).

Il peut être avantageux de chauffer l'eau en entrée de l'unité de filtration membranaire 9, afin de diminuer sa viscosité et de réduire les risques de colmatage des filtres membranaires par les hydrocarbures. Pour ce faire, on prévoit un échangeur de chaleur sur la ligne d'amenée d'eau prélevée 2 et / ou sur la ligne d'amenée d'eau de production 7 et / ou sur les lignes d'alimentation de train 10, 11.

L'échangeur de chaleur peut par exemple être couplé avec la ou les conduites de collecte d'eau traitée 31 ou bien avec les lignes individuelles de

collecte d'eau traitée 14', 15', 16', 17', afin de récupérer les calories de l'eau traitée (qui peut être typiquement à une température de 30 à 90°C).

L'invention peut être mise en œuvre sur terre ou en mer. La mise en œuvre en mer peut être sur un support flottant ou une plateforme, ou encore
5 sur le fond marin, en utilisant des équipements adaptés (marinisation des équipements).

Variante

Dans le cas d'une filtration tangentielle, une variante de l'invention
10 prévoit de coupler la filtration membranaire à une purification du rétentat en continu dans la boucle de filtration ou de manière discontinue lorsque cela est nécessaire à une séparation.

Plus précisément, et en faisant référence à la **figure 3**, un circuit de l'unité de filtration membranaire 9 comprend une ligne d'amenée d'eau 29,
15 sur laquelle est disposée une pompe de circulation 21. La ligne d'amenée d'eau 29 débouche dans un ou plusieurs modules de filtration membranaire 22, 23. Dans le mode de réalisation illustré, deux modules de filtration membranaire 22, 23 disposés en parallèle sont prévus.

En sortie des modules de filtration membranaire 22, 23 est connectée
20 une ligne de collecte de perméat 25. Cette ligne de collecte de perméat 25 correspond à une ligne individuelle de collecte d'eau traitée 14', 15', 16', 17' décrite ci-dessus en relation avec la **figure 2**.

Egalement en sortie des modules de filtration membranaire 22, 23
25 sont connectés des moyens de collecte de rétentat 24. Dans le cas illustré, il s'agit d'une ligne de collecte de rétentat.

Les moyens de collecte de rétentat 24 alimentent des moyens de
séparation 26 qui peuvent être des moyens de séparation liquide / solide ; ou des moyens de séparation eau / hydrocarbures ; ou encore des moyens de
séparation liquide / solide associés à des moyens de séparation eau /
30 hydrocarbures.

Les moyens de séparation 26 peuvent comprendre des moyens de
séparation gravitaire du type décanteur ou des moyens de séparation par
flottation. Mais de préférence il s'agit d'hydrocyclone(s) de désablage et / ou
de déshuilage car ces dispositifs sont relativement compacts.

Il est encore possible d'utiliser un hydrocyclone rotatif, tel que celui
35 décrit dans la demande n° FR 09/59254 du 18 décembre 2009.

Au moins une ligne de collecte de contaminants 27 est connectée en sortie des moyens de séparation 26 ; elle permet de récupérer les matériaux éliminés du rétentat (hydrocarbures et / ou matières solides).

5 Une ligne de recyclage de rétentat traité 28 est également connectée en sortie des moyens de séparation 26 ; elle permet de récupérer la majorité du rétentat, débarrassé d'une partie de ses contaminants (hydrocarbures et / ou matières solides). La ligne de recyclage de rétentat traité 28 alimente la ligne d'amenée d'eau 29. Une ligne d'alimentation en eau 20 débouche également dans la ligne d'amenée d'eau 29. Elle est issue d'une ligne
10 d'alimentation de train 10, 11 et assure l'alimentation des modules de filtration membranaire 22, 23 par l'eau prélevée et / ou l'eau de production devant être traitée.

La présente variante permet de limiter la quantité de contaminants (hydrocarbures et / ou matières solides) en contact avec les filtres
15 membranaires, et donc de réduire les risques de colmatage et d'augmenter la durée de vie des filtres membranaires, tout en permettant de réduire la quantité de rétentat à traiter. La puissance de la pompe de circulation 21 est adaptée pour tenir compte de la présence des moyens de séparation 26.

Selon un autre mode de réalisation (non illustré), on peut prévoir un
20 séparateur (notamment un hydrocyclone) couplé directement en sortie de chaque module de filtration membranaire 22, 23. Dans ce cas, les moyens de collecte de rétentat 24 sont simplement des moyens de liaison entre les modules de filtration membranaires 22, 23 et les séparateurs respectifs, ce qui assure une intégration compacte optimale des différents équipements.

25 De manière générale, la séparation des matières solides et / ou des gouttes d'hydrocarbures dans le rétentat est d'autant plus efficace que le débit du rétentat est élevé et que la concentration en matières solides et / ou gouttes d'hydrocarbures y est également élevée (en tout cas plus élevée que dans le flux alimentant l'unité de filtration membranaire) : il s'agit là de
30 conditions particulièrement favorables aux moyens de séparation du type hydrocyclone. Il existe donc un couplage particulièrement efficace entre les membranes de filtration et les moyens de séparation qui leur sont associés. 

REVENDEICATIONS

- 5 1. Procédé de traitement d'eau, comprenant :
- le prélèvement d'eau dans l'environnement ;
 - la filtration de l'eau prélevée dans une unité de filtration membranaire ;
 - l'extraction d'un flux de production d'une formation souterraine contenant des hydrocarbures ;
 - 10 – la séparation et la collecte d'eau de production issue du flux de production ;
 - la filtration de l'eau de production dans ladite unité de filtration membranaire ;
 - 15 – la collecte d'un flux d'eau traitée issu de ladite unité de filtration membranaire.
- 20 2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le prélèvement d'eau est effectué dans la mer, une rivière, un lac, un aquifère et / ou un effluent d'eau usée.
- 25 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, comprenant en outre la purification du flux d'eau traitée dans une unité de filtration membranaire supplémentaire, et la collecte d'un flux d'eau traitée et purifiée issu de l'unité de filtration membranaire supplémentaire.
- 30 4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, comprenant :
- le prétraitement de l'eau de production préalablement à la filtration de celle-ci, ledit prétraitement comprenant de préférence une ou plusieurs étapes choisies parmi une séparation gaz / liquide, une séparation liquide / solide et une séparation eau / hydrocarbures ; et / ou
 - 35 – le prétraitement de l'eau prélevée préalablement à la filtration de celle-ci, ledit prétraitement comprenant de préférence une ou plusieurs étapes choisies parmi une filtration préliminaire, une désoxygénation, une chlorination, une désulfatation, un traitement biocide et une injection de composés anti-dépôt ou anti-corrosion. 

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, qui est mis en œuvre en mer sur un support flottant ou au fond de la mer.
- 5 6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel l'unité de filtration est une unité de filtration tangentielle.
7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel la filtration dans l'unité de filtration comprend :
- 10 – l'alimentation en eau d'au moins un module de filtration membranaire ;
- la collecte d'un perméat et la collecte d'un rétentat en sortie du module de filtration membranaire ;
- le prélèvement de matières solides et / ou d'hydrocarbures
- 15 contenus dans le rétentat, pour fournir un rétentat traité ;
- le recyclage du rétentat traité en entrée du module de filtration membranaire.
8. Installation de traitement d'eau, comprenant :
- 20 – des moyens de prélèvement d'eau (1) dans l'environnement ;
- une unité d'extraction d'hydrocarbures (30) contenus dans une formation souterraine ;
- une unité de filtration membranaire (9) ;
- 25 – une ligne d'amenée d'eau prélevée (2), issue des moyens de prélèvement d'eau (1) et alimentant l'unité de filtration membranaire (9) ;
- une ligne d'amenée d'eau de production (7), alimentée par l'unité d'extraction d'hydrocarbures (30) et alimentant l'unité
- 30 de filtration membranaire (9) ; et
- une ligne de collecte d'eau traitée (31), issue de l'unité de filtration membranaire (9).
9. Installation selon la revendication 8, dans laquelle l'unité de
- 35 filtration membranaire (9) est une unité de filtration membranaire tangentielle.
10. Installation selon la revendication 9, comprenant : 

- au moins un module de filtration membranaire (22, 23) ;
 - une ligne d'amenée d'eau (29) connectée en entrée du module de filtration membranaire (22, 23) ;
 - une ligne de collecte de perméat (25) connectée en sortie des modules de filtration membranaire (22, 23) ;
 - des moyens de collecte de rétentat (24) connectés en sortie des modules de filtration membranaire (22, 23) ;
 - des moyens de séparation (26) liquide / solide et / ou des moyens de séparation (26) eau / hydrocarbures alimentés par les moyens de collecte de rétentat (24) ;
 - une ligne de recyclage de rétentat traité (28) connectée en sortie des moyens de séparation (26) liquide / solide et / ou des moyens de séparation (26) eau / hydrocarbures et alimentant la ligne d'amenée d'eau (29) ;
- dans laquelle les moyens de séparation (26) liquide / solide et / ou les moyens de séparation (26) eau / hydrocarbures comprennent de préférence un hydrocyclone.
- 11.** Installation selon l'une des revendications 8 à 10, dans laquelle l'unité de filtration membranaire (9) comprend une pluralité de trains de filtration membranaire (18, 19), chaque train de filtration membranaire (18, 19) comprenant une pompe d'alimentation (12, 13) et un ou plusieurs circuits (14, 15, 16, 17) qui comprennent chacun un ou plusieurs modules de filtration membranaire ; et un système de distribution (34), alimenté par la ligne d'amenée d'eau prélevée (2) et la ligne d'amenée d'eau de production (7) et alimentant les trains de filtration membranaire (18, 19).
- 12.** Installation selon l'une des revendications 8 à 11, dans laquelle l'unité de filtration membranaire (9) comporte des filtres membranaires inorganiques ou des filtres membranaires organiques ou des filtres membranaires hybrides, de préférence des filtres membranaires inorganiques sont en céramique à base de Al_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 , SiO_2 , MgO , SiC ou un mélange de ceux-ci et de manière plus particulièrement préférée des filtres membranaires en céramique à base de SiC .

ORIGINAL~~E~~

ABREGE

L'invention concerne un procédé de traitement d'eau, comprenant :

- le prélèvement d'eau dans l'environnement ;
- la filtration de l'eau prélevée dans une unité de filtration membranaire ;
- l'extraction d'un flux de production d'une formation souterraine contenant des hydrocarbures ;
- la séparation et la collecte d'eau de production issue du flux de production ;
- la filtration de l'eau de production dans ladite unité de filtration membranaire ;
- la collecte d'un flux d'eau traitée issu de ladite unité de filtration membranaire.

L'invention concerne également une installation adaptée à la mise en œuvre de ce procédé.

Figure 1.

Fig 1

1 / 2

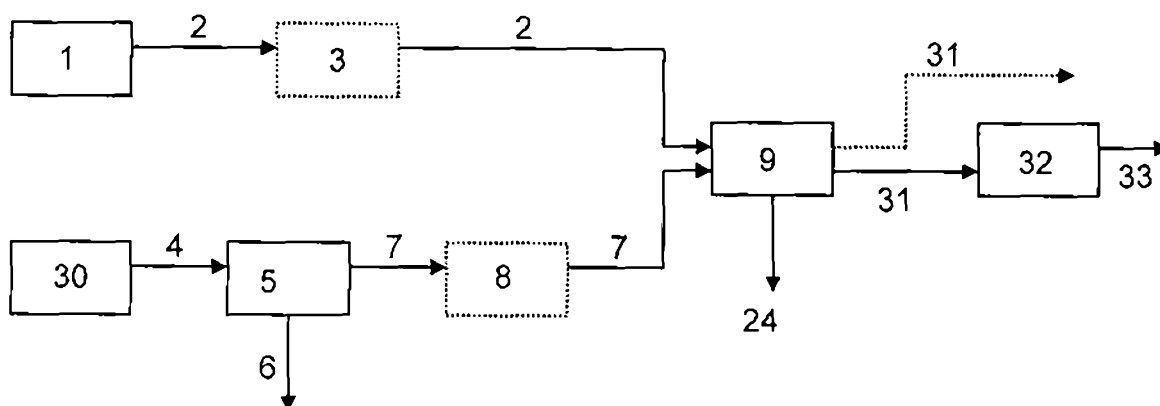


Fig. 1

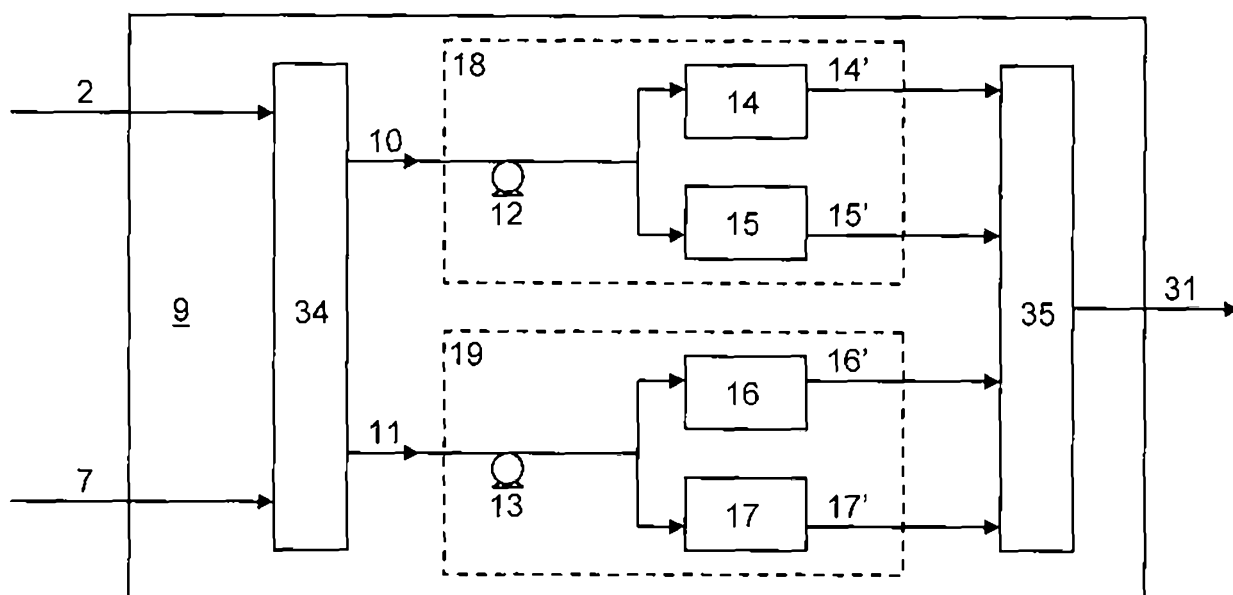


Fig. 2

ORIGINAL

2 / 2

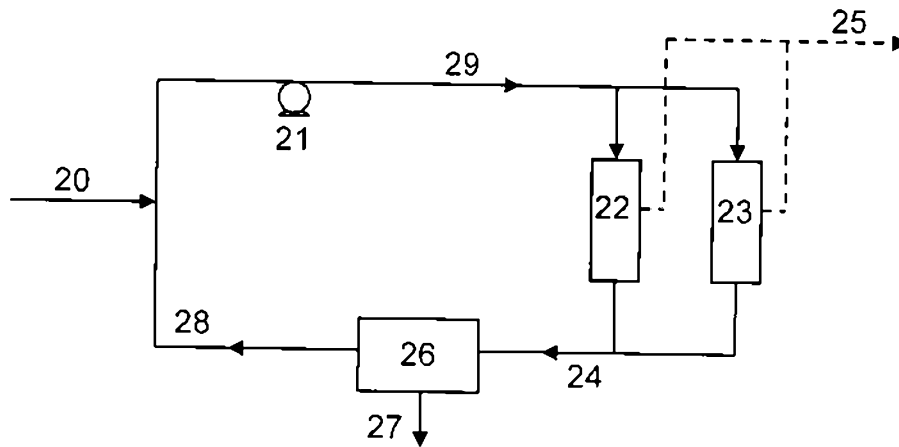


Fig. 3

ORIGINAL