

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication : **3 029 190**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national : **14 61595**

51 Int Cl⁸ : **C 02 F 1/04 (2016.01), C 02 F 1/44, 1/461**

12 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

22 **Date de dépôt** : 27.11.14.

30 **Priorité** :

43 **Date de mise à la disposition du public de la demande** : 03.06.16 Bulletin 16/22.

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)** : IMAERO INVEST Société par actions simplifiée — FR et AP2 Société par actions simplifiée — FR.

72 **Inventeur(s)** : BRISSON PIERRE, CORBET JEAN-CHARLES et ESTIVALET MARGARET.

73 **Titulaire(s)** : IMAERO INVEST Société par actions simplifiée, AP2 Société par actions simplifiée.

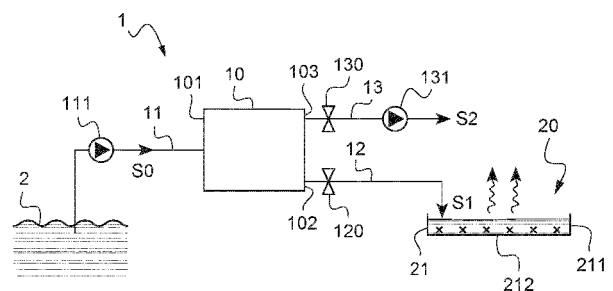
74 **Mandataire(s)** : CABINET CORALIS.

54 **UNITÉ DE DESALEMENT COMPRENANT AU MOINS UN BASSIN D'ÉVAPORATION ET PROCÉDE D'EXTRACTION DE SELS ASSOCIÉ.**

57 L'invention concerne une unité de dessalement (1) d'une solution aqueuse initiale (S0) contenant une concentration initiale en sels, comprenant au moins un dispositif de dessalement (10) adapté à recevoir, à une entrée (101), cette solution aqueuse initiale et à rejeter séparément, à des première et deuxième sorties (102, 103), une première solution aqueuse (S1) contenant une première concentration en sels supérieure à ladite concentration initiale, et une deuxième solution aqueuse (S2) contenant une deuxième concentration en sels inférieure à la concentration initiale.

Selon l'invention, ladite unité de dessalement comprend en outre au moins un bassin d'évaporation (20) et un moyen pour déverser (12) exclusivement ladite première solution aqueuse rejetée par le dispositif de dessalement dans le bassin d'évaporation.

L'invention concerne également un procédé d'extraction de sels utilisant une telle unité de dessalement.



FR 3 029 190 - A1



DOMAINE TECHNIQUE AUQUEL SE RAPPORTE L'INVENTION

La présente invention concerne de manière générale le domaine des
5 unités de dessalement.

Elle concerne plus particulièrement une unité de dessalement d'une
solution aqueuse initiale contenant une concentration initiale en sels, comprenant
au moins un dispositif de dessalement adapté à recevoir, à une entrée, cette
solution aqueuse initiale et à rejeter séparément, à des première et deuxième
10 sorties, une première solution aqueuse contenant une première concentration en
sels supérieure à ladite concentration initiale, et une deuxième solution aqueuse
contenant une deuxième concentration en sels inférieure à la concentration
initiale.

L'invention trouve une application particulièrement intéressante dans les
15 installations de type marais salants.

Elle concerne également un procédé d'extraction de sels provenant
d'une solution aqueuse.

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE

On connaît différentes techniques pouvant être mises en œuvre au sein
20 d'unités de dessalement pour obtenir une eau douce, éventuellement potable, à
partir d'une solution aqueuse concentrée en sels telle que de l'eau de mer.

Ces différentes techniques reposent généralement sur le prélèvement de
la solution aqueuse concentrée en sels, en général dans la mer, puis sur sa
séparation en deux solutions : une solution aqueuse plus concentrée en sels et
25 solution aqueuse moins concentrée en sels, dite eau douce.

L'eau de mer prélevée peut éventuellement être traitée chimiquement
avant cette séparation en deux solutions.

L'eau douce est récupérée et éventuellement traitée pour obtenir de l'eau
potable.

30 La solution aqueuse plus concentrée en sels est, le plus souvent, rejetée
à la mer ou enfouie en sous-sol.

Le rejet à la mer pose des problèmes environnementaux car la
concentration en sels de la solution aqueuse rejetée perturbe fortement la salinité
locale de la mer. La flore et la faune locales peuvent être menacées par ce rejet.

En outre, le rejet à la mer nécessite l'utilisation de systèmes de pompage adaptés à rejeter la solution aqueuse plus concentrée en sels loin du rivage, ces systèmes de pompage étant très consommateurs en énergie.

De même, l'enfouissement en sous-sol peut perturber l'écosystème.

5

OBJET DE L'INVENTION

Afin de remédier à l'inconvénient précité de l'état de la technique, la présente invention propose une nouvelle unité de dessalement optimisée autorisant la valorisation d'au moins une partie de la solution aqueuse plus concentrée en sels issue du fonctionnement de l'unité de dessalement et évitant son rejet à la mer ou son enfouissement.

10

Plus particulièrement, on propose selon l'invention une unité de dessalement telle que décrite précédemment, ladite unité de dessalement comprenant en outre au moins un bassin d'évaporation et un moyen pour déverser exclusivement ladite première solution aqueuse rejetée par le dispositif de dessalement dans le bassin d'évaporation.

15

D'autres caractéristiques non limitatives et avantageuses de l'unité de dessalement conforme à l'invention sont les suivantes :

- le bassin d'évaporation comprend plusieurs éléments de bassins dont le fond et les parois sont étanches ;

20

- le dispositif de dessalement comprend une pompe à osmose inverse ;

- le dispositif de dessalement comprend un dispositif de distillation de la solution aqueuse initiale ;

- le dispositif de dessalement comprend un dispositif d'électrodialyse de la solution aqueuse initiale ;

25

- il est prévu un dispositif de pré-concentration adapté à concentrer en sels une solution aqueuse préliminaire contenant une concentration préliminaire en sels de manière à former, au moins partiellement, la solution aqueuse initiale reçue par le dispositif de dessalement à son entrée ;

- ledit dispositif de pré-concentration comprend au moins un autre dispositif de dessalement placé en amont dudit dispositif de dessalement, cet autre dispositif de dessalement recevant à une autre entrée ladite solution aqueuse préliminaire et rejetant à une autre première sortie ladite solution aqueuse initiale ;

30

- ledit dispositif de pré-concentration comprend une conduite de

recirculation d'au moins une partie de la première solution aqueuse depuis la première sortie dudit dispositif de dessalement vers l'entrée dudit dispositif de dessalement, de telle sorte que ladite solution aqueuse initiale alimentant le dispositif de dessalement est ici formée par un mélange entre ladite première solution aqueuse et ladite solution aqueuse préliminaire.

L'invention propose également un procédé d'extraction de sels utilisant une unité de dessalement telle que décrite précédemment, selon lequel,

a) on alimente un dispositif de dessalement de l'unité de dessalement par une solution aqueuse initiale,

b) on déverse ladite première solution aqueuse contenant la première concentration en sels supérieure à ladite concentration initiale dans le bassin d'évaporation de l'unité de dessalement,

c) on évapore l'eau de la première solution aqueuse,

d) on récupère les sels de la première solution aqueuse.

Une caractéristique supplémentaire du procédé d'extraction décrit précédemment est qu'à l'étape a), la solution aqueuse initiale est obtenue en concentrant en sels une solution aqueuse préliminaire à l'aide d'un dispositif de pré-concentration de l'unité de dessalement. Ledit dispositif de pré-concentration étant tel que défini précédemment, à savoir soit une ou plusieurs autres unités de dessalement placées en amont de l'unité de dessalement principale, soit une conduite de recirculation.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN EXEMPLE DE REALISATION

La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.

Sur les dessins annexés :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un premier mode de réalisation d'une unité de dessalement selon l'invention ;

- la figure 2 est une vue schématique d'un deuxième mode de réalisation d'une unité de dessalement selon l'invention ; et,

- la figure 3 est une vue schématique d'un troisième mode de réalisation d'une unité de dessalement selon l'invention.

Dans la suite de la description, les termes « amont » et « aval » seront utilisés dans le sens des écoulements des solutions aqueuses, pour situer les

éléments de l'unité de dessalement les uns par rapport aux autres.

De même, les termes « entrée » et « sortie » seront utilisés dans le sens des écoulements des solutions aqueuses pour décrire le sens de montage des éléments de l'unité de dessalement.

5 Le sens d'écoulement des solutions aqueuses est représenté par des flèches sur les figures 1, 2 et 3.

Dans la suite de la description, les références seront les mêmes dans tous les modes de réalisation dans lesquels les éléments décrits sont identiques, de sorte que seuls les éléments différents d'un mode de réalisation à l'autre auront
10 des références différentes.

Par ailleurs, dans la suite de la description, le terme « sels » désigne, sauf mention contraire, les sels dissouts dans une solution aqueuse, tandis que les termes « cristaux de sels » désignent les sels sous forme solide.

Dispositif

15 Sur les figures 1, 2 et 3, on a représenté des premier, deuxième et troisième modes de réalisation d'une unité de dessalement 1.

Quel que soit le mode de réalisation considéré, l'unité de dessalement 1 comprend un dispositif de dessalement 10 principal.

Ce dispositif de dessalement 10 principal comprend une entrée 101
20 adaptée à recevoir une solution aqueuse initiale S_0 contenant une concentration initiale C_0 en sels. Il est adapté à séparer cette solution aqueuse initiale S_0 , en des première et deuxième solutions aqueuses S_1 , S_2 contenant respectivement une première concentration C_1 en sels supérieure à ladite concentration initiale C_0 , et une deuxième concentration en sels C_2 inférieure à ladite concentration
25 initiale C_0 .

Il est adapté à évacuer par une première sortie 102 la première solution aqueuse S_1 , et par une deuxième sortie 103 la deuxième solution aqueuse S_2 .

Par convention, la solution aqueuse entrant dans le dispositif de dessalement 10 par l'entrée 101 est appelée solution aqueuse initiale S_0 . De
30 même, la solution aqueuse sortant par la première sortie 102 du dispositif de dessalement 10 et présentant une concentration en sels supérieure à celle de la solution initiale S_0 est appelée première solution aqueuse S_1 et la solution aqueuse sortant par la deuxième sortie 103 du dispositif de dessalement 10 et présentant une concentration en sels inférieure à celle de la solution initiale S_0 est

appelée deuxième solution aqueuse S2.

Dans l'exemple décrit ici, la solution aqueuse initiale S0 est de l'eau de mer qui peut être, selon les deuxième et troisième modes de réalisation, pré-concentrée à partir d'une solution aqueuse préliminaire. De manière générale, la solution initiale S0 ou préliminaire SP est prélevée dans un réservoir 2, ici la mer.

De manière classique, la concentration initiale C0 en sels de l'eau de mer varie de 5 grammes par litre (g/L), par exemple dans la mer Baltique, à environ 40g/L. En moyenne, la concentration initiale C0 en sels de la solution aqueuse initiale S0 est de l'ordre de 35g/L.

Les sels sont des paires d'ions classiquement contenues dans de l'eau de mer. L'eau de mer contient par exemple des ions tels que des ions chlorure, des ions sulfate, des ions hydrogénocarbonate ou carbonate, des ions sodium, des ions potassium, des ions magnésium, ou encore des ions lithium.

Les tableaux 1 et 2 ci-dessous présentent une partie des différents ions classiquement contenus dans de l'eau de mer ayant une salinité de 35g/L. Ces tableaux 1 et 2 sont extraits de : UNESCO, *Tables océanographiques internationales*, citées par Andrew W.Dickson et Catherine Goyet (éds.), *Handbooks of methods for the analysis of the various parameters of the carbon dioxide system in sea water*, US Department of Energy, version 2, septembre 1994, ORNL/CDIAC-74, chapitre 5, partie 6.1 « The major ion composition of seawater », p. V-10.

Tableau 1

Anions	Quantité en gramme par kilogramme
Chlorure (Cl ⁻)	19,3524
Sulfate (SO ₄ ²⁻)	2,7123
Hydrogénocarbonate (HCO ₃ ⁻)	0,1080
Bromure (Br ⁻)	0,0673
Carbonate (CO ₃ ²⁻)	0,0156
Fluorure (F ⁻)	0,0013
Hydroxyde (HO ⁻)	0,0002

Tableau 2

Cations	Quantité en gramme par kilogramme
Ion sodium (Na^+)	10,7837
Ion magnésium (Mg^{2+})	1,2837
Ion calcium (Ca^{2+})	0,4121
Ion potassium (K^+)	0,3991
Ion strontium (Sr^{2+})	0,0079
Ion lithium (Li^+)	$1,73 \cdot 10^{-4}$
Ion rubidium (Rb^+)	$1,20 \cdot 10^{-4}$
Ion baryum (Ba^{2+})	$2,0 \cdot 10^{-5}$
Ions poly atomiques (dont molybdène)	$1,0 \cdot 10^{-5}$
Ions poly atomiques (dont uranium)	$3,3 \cdot 10^{-6}$

Les paires d'ions qui nous intéressent tout particulièrement sont les paires de chlorure de lithium (Li^+ ; Cl^-), de chlorure de potassium (K^+ ; Cl^-), de chlorure de sodium (Na^+ ; Cl^-), ou encore de carbonate de lithium (2Li^+ ; CO_3^{2-}).

5 Cette liste de paires d'ions n'est cependant pas exhaustive.

Dans le cas où la solution initiale S0 est de l'eau de mer, la première solution aqueuse S1 est une eau enrichie en sels par rapport à cette eau de mer. Cette première solution aqueuse S1 enrichie en sels est plus couramment appelée concentrât.

10 Pour une eau de mer dont la concentration initiale C0 en sels est de l'ordre de 35 gramme par litre (g/L), la première concentration C1 en sels de la première solution aqueuse S1 est généralement comprise entre 60g/L et 80g/L.

La deuxième solution aqueuse S2 est une eau fortement appauvrie en sels par rapport à l'eau de mer. Elle est en cela dessalée.

15 Comme représenté sur les figures 1 à 3, l'unité de dessalement 1 comporte, en amont du dispositif de dessalement 10, une conduite d'acheminement 11 de l'eau de mer vers l'entrée 101 du dispositif de dessalement

10.

La conduite d'acheminement 11 comporte une première pompe 111 adaptée à acheminer l'eau de mer depuis la mer vers l'entrée 101 du dispositif de dessalement 10.

5 Comme décrit ultérieurement, l'eau de mer est éventuellement prétraitée puis soit directement introduite dans le dispositif de dessalement 10 principal (premier mode de réalisation de l'unité de dessalement), soit mélangée avec une autre solution aqueuse avant son entrée dans le dispositif de dessalement 10 principal (deuxième mode de réalisation de l'unité de dessalement), soit
10 concentrée en sels avant d'être introduite dans le dispositif de dessalement 10 principal (troisième mode de réalisation de l'unité de dessalement).

Selon une première variante du dispositif de dessalement 10, il s'agit d'une pompe à osmose inverse.

La pompe à osmose inverse est un moyen classique de dessalement de
15 solution aqueuse et ne sera pas décrite en détails ici.

On rappellera seulement que la pompe à osmose inverse comprend un élément dans lequel des premier et second compartiments sont séparés par une membrane semi-perméable.

Ledit élément est, en général, une conduite de grande longueur, et la
20 membrane semi-perméable présente approximativement la même longueur que ladite conduite, de sorte que les premier et second compartiments sont formés dans le sens de la longueur de ladite conduite.

L'entrée 101 de la pompe à osmose inverse correspond à l'entrée du premier compartiment. La première sortie 102 de la pompe à osmose inverse
25 correspond à la sortie du premier compartiment. La deuxième sortie 103 de la pompe à osmose inverse correspond à la sortie du second compartiment.

La pompe à osmose inverse est adaptée à recevoir par son entrée 101 la solution aqueuse initiale S0, et à faire circuler cette solution aqueuse initiale S0 sous pression, à savoir sous une pression égale à 40 à 60 bars en général, dans
30 le premier compartiment. Le premier compartiment est destiné à évacuer à sa sortie la première solution aqueuse S1.

La pompe à osmose inverse est adaptée à recueillir dans le second compartiment la deuxième solution aqueuse S2, et à l'évacuer à la sortie dudit second compartiment.

La pompe à osmose inverse est ainsi adaptée à exercer une pression, supérieure à la pression osmotique, sur la solution aqueuse initiale S0 contenue dans le premier compartiment, de manière à forcer une partie de l'eau contenue dans ladite solution aqueuse initiale S0 vers le second compartiment. La

5 membrane semi-perméable est adaptée à retenir dans le premier compartiment la grande majorité des sels, de sorte que seule l'eau peut être transférée vers le second compartiment.

Ainsi, la pompe à osmose inverse est adaptée à séparer la solution aqueuse initiale S0 en les première et deuxième solutions aqueuses S1, S2, ces

10 dernières étant distinctes.

Selon une deuxième variante du dispositif de dessalement 10, il peut s'agir d'un dispositif de distillation.

Le dispositif de distillation est un moyen classique de dessalement de solution aqueuse et ne sera pas décrit en détails ici.

15 On rappellera seulement que le dispositif de distillation comprend des premier et second circuits de circulation de solutions aqueuses.

L'entrée du premier circuit correspond à l'entrée 101 du dispositif de distillation. La sortie du premier circuit correspond à la première sortie 102 du dispositif de distillation. La sortie du second circuit correspond à la deuxième

20 sortie 103 du dispositif de distillation.

Le dispositif de distillation est adapté à recevoir par son entrée 101 la solution aqueuse initiale S0, et à faire circuler ladite solution aqueuse initiale S0 dans le premier circuit. Le premier circuit est destiné à chauffer à une température choisie et sous une pression choisie ladite solution aqueuse initiale S0. Le premier

25 circuit est également destiné à évacuer la première solution aqueuse S1 à sa sortie.

La température de chauffage et la pression sont choisies pour évaporer une partie de l'eau contenue dans la solution aqueuse initiale S0.

Le dispositif de distillation est adapté à récupérer dans le deuxième

30 circuit la vapeur d'eau provenant de ladite solution aqueuse initiale S0 et à la condenser de manière à former la deuxième solution aqueuse S2. Le dispositif de distillation est également adapté à évacuer la deuxième solution aqueuse S2 à la sortie du second circuit.

Ainsi, avantageusement, le dispositif de distillation est adapté à séparer

la solution aqueuse initiale S0 en les première et deuxième solutions aqueuses S1, S2, ces dernières étant distinctes.

Selon une troisième variante du dispositif de dessalement 10, il s'agit d'un dispositif d'électrodialyse.

5 Le dispositif d'électrodialyse est un moyen classique de dessalement de solution aqueuse et ne sera pas décrit en détails ici.

Le dispositif d'électrodialyse comprend deux électrodes séparées par plusieurs compartiments, chaque compartiment étant formé d'un côté par une membrane perméable aux cations, et de l'autre côté par une membrane
10 perméable aux anions.

L'entrée 101 du dispositif d'électrodialyse correspond à l'ensemble des entrées des compartiments. La première sortie 102 du dispositif d'électrodialyse correspond à la sortie d'un compartiment sur deux. La deuxième sortie 103 du dispositif d'électrodialyse correspond à la sortie des autres compartiments.

15 Le dispositif d'électrodialyse est adapté à appliquer une tension entre les deux électrodes de manière à créer un champ électrique entre ces deux électrodes, et à faire circuler la solution aqueuse initiale S0 dans les compartiments.

Un compartiment sur deux est destiné à évacuer à sa sortie la première
20 solution aqueuse S1. Les autres compartiments sont destinés à évacuer à leur sortie la deuxième solution aqueuse S2.

Ainsi, avantageusement, le dispositif d'électrodialyse est adapté à séparer la solution aqueuse initiale S0 en les première et deuxième solutions aqueuses S1, S2, ces dernières étant distinctes.

25 Chacune des variantes du dispositif de dessalement 10 peut être utilisée dans tous les modes de réalisation de l'unité de dessalement 1, ou y être associée en partie ou en totalité. Le dispositif de dessalement peut notamment comprendre une combinaison de ces variantes.

Quel que soit le mode de réalisation de l'unité de dessalement et la
30 variante du dispositif de dessalement 10 principal utilisé, l'unité de dessalement 1 comprend également, de manière remarquable, au moins un bassin d'évaporation 20 et un moyen pour déverser 12 exclusivement ladite première solution aqueuse S1 rejetée par le dispositif de dessalement 10 principal dans le bassin d'évaporation 20.

Ainsi, comme représenté sur les figures 1 à 3, le bassin d'évaporation 20 est relié à la première sortie 102 du dispositif de dessalement 10 principal par une conduite de déversement 12.

5 Le bassin d'évaporation 20 est adapté à recueillir la première solution aqueuse S1 qui était jusqu'alors rejetée à la mer ou enfouie. La faune et la flore marines sont ainsi protégées, ainsi que les sous sols.

En outre, le bassin d'évaporation 20 est adapté à faire évaporer tout ou partie de l'eau contenue dans la première solution aqueuse S1.

10 A cet effet, il est disposé de préférence au soleil et/ou au vent, de manière à faciliter l'évaporation de l'eau.

L'unité de dessalement 1 selon l'invention est ainsi de préférence installée dans une région présentant un climat chaud et sec, dans une zone soumise aux vents.

15 L'unité de dessalement 1 peut en particulier être installée au Moyen-Orient, région dans laquelle le taux d'évaporation de l'eau est de l'ordre de 3500 millimètres par an. En outre, cette région offre de grands espaces libres pour l'installation du bassin d'évaporation 20.

20 Le bassin d'évaporation 20 est adapté à recueillir des cristaux de sels contenus dans la première solution aqueuse S1. Il joue alors le rôle d'un bassin de décantation des sels. Il joue également le rôle de bassin de concentration en sels de la première solution aqueuse S1.

25 En variante, on peut prévoir de récupérer en aval du bassin d'évaporation 20 une solution aqueuse finale beaucoup plus concentrée en sels que la première solution aqueuse S1, de manière à faire subir des post-traitements à cette solution aqueuse finale pour en extraire des cristaux de sels.

Ainsi, grâce à l'unité de dessalement 1 selon l'invention, la première solution aqueuse S1 est récupérée, ce qui limite les effets néfastes de son rejet sur l'environnement, et cette première solution aqueuse S1 est valorisée par l'extraction de cristaux de sels qui peuvent ensuite être exploités.

30 Le moyen pour déverser la première solution aqueuse S1 dans le bassin d'évaporation 20 est ici la conduite de déversement 12 adaptée à transporter la première solution aqueuse S1 depuis la première sortie 102 du dispositif de dessalement 10 principal vers le bassin d'évaporation 20.

De préférence, comme cela est représenté sur la figure 1, la gravité suffit

à faire circuler la première solution aqueuse S1 depuis la première sortie 102 du dispositif de dessalement 10 principal vers le bassin d'évaporation 20.

Ainsi, avantageusement, on évite l'adjonction de systèmes de pompage augmentant la consommation en énergie de l'unité de dessalement 1.

5 En variante, la conduite de déversement 12 peut être munie d'une deuxième pompe 121 adaptée à faire circuler la première solution aqueuse S1 depuis la première sortie 102 du dispositif de dessalement 10 vers le bassin d'évaporation 20.

10 La conduite de déversement 12 est ici munie d'une vanne de déversement 120 adaptée à réguler le débit de première solution aqueuse S1 dans ladite conduite de déversement 12.

L'unité de dessalement 1 comprend également une conduite de rejet 13 de la deuxième solution aqueuse S2 à l'extérieur de l'unité de dessalement 1. La récupération de cette deuxième solution aqueuse étant classique, nous ne
15 l'exposerons pas plus en détails ici.

La conduite de rejet 13 comprend ici une troisième pompe 131 adaptée à faire circuler la deuxième solution aqueuse S2 depuis la deuxième sortie 103 du dispositif de dessalement 10 vers l'extérieur de l'unité de dessalement 1.

20 En variante, la gravité peut suffire à faire circuler la deuxième solution aqueuse S2 depuis la deuxième sortie 103 du dispositif de dessalement 10 vers l'extérieur de l'unité de dessalement 1.

En outre, la conduite de rejet 13 est ici munie d'une vanne de rejet 130 adaptée à réguler le débit de deuxième solution aqueuse S2 dans la conduite de
rejet 13.

25 Les conduites de déversement et de rejet 12, 13 sont distinctes, de mêmes que les première et deuxième sorties 102, 103 du dispositif de dessalement 10, de sorte que le dispositif de dessalement 10 est adapté à évacuer séparément les première et deuxième solutions aqueuses S1, S2.

30 Dans les premier et deuxième modes de réalisation de l'unité de dessalement, représentés sur les figures 1 et 2, le bassin d'évaporation 20 comprend un seul élément de bassin 21.

Dans le troisième mode de réalisation, représenté sur la figure 3, on peut prévoir que le bassin d'évaporation 20 comprenne plusieurs éléments de bassin 21, ici des éléments de bassin supérieur 21a, intermédiaire 21b et inférieur 21c.

Ces éléments de bassins supérieur, intermédiaire et inférieur 21a, 21b, 21c sont placés dans le sens de l'écoulement de la solution aqueuse, de sorte que l'élément de bassin supérieur 21a est positionné directement en aval de la conduite de déversement 12 et en amont des éléments de bassin intermédiaire et inférieur 21b, 21c, et de sorte que l'élément de bassin intermédiaire 21b est positionné directement en aval de l'élément de bassin supérieur 21a et en amont de l'élément de bassin inférieur 21c.

Les éléments de bassin supérieur 21a, intermédiaire 21b et inférieur 21c sont adaptés à recevoir différents sous-produits provenant de la première solution aqueuse S1. Ces sous-produits sont par exemple des solutions aqueuses filles provenant de la première solution aqueuse S1 ou des cristaux de sels.

Comme cela est représenté sur la figure 3, les éléments de bassin supérieur 21a, intermédiaire 21b et inférieur 21c peuvent être disposés en cascade les uns par rapport aux autres de manière à faciliter l'extraction des différents cristaux de sels.

On pourra également envisager des paliers, des filtres, ou des sas de passage d'un élément de bassin 21 à l'autre.

On peut également prévoir des vannes de liaison supérieure et inférieure 213a, 213b adaptées à réguler le débit de solution aqueuse transférée d'un élément de bassin 21 à un autre.

Avantageusement, la gravité suffit à transférer la solution aqueuse concentrée en sels d'un élément de bassin 21 à un autre. On limite ainsi l'utilisation de pompes qui sont consommatrices en énergie.

Selon une variante non représentée, on peut prévoir que les éléments de bassin 21 soient disposés les uns à côté des autres, ou les uns à la suite des autres, sur un même niveau, et non en cascade.

De façon avantageuse, le bassin d'évaporation 20 comprenant plusieurs éléments de bassin 21 est adapté à la mise en place d'étapes de traitement spécifiques dans chaque élément de bassin 21. Les multiples éléments de bassin 21 procurent une certaine souplesse d'utilisation puisque les étapes de traitement peuvent être modulées d'un élément de bassin 21 à un autre en fonction des souhaits d'un opérateur de l'unité de dessalement 1. Ainsi, par exemple les éléments de bassin 21 sont adaptés à l'extraction d'un seul type de cristaux de sels, dite extraction « mono sel », ou à l'extraction de plusieurs cristaux de sels de

compositions chimiques différentes, dite extraction « multi sels ».

Quelle que soit la variante de réalisation du bassin d'évaporation 20, le fond 211 et les parois 212 du ou des éléments de bassin 21, 21a, 21b, 21c sont étanches.

5 Par exemple, le fond 211 et les parois 212 du ou des éléments de bassin 21, 21a, 21b, 21c sont réalisés en une matière plastique étanche à l'eau et résistante aux fortes concentrations de sels.

Ainsi, avantageusement, le fond 211 ou les parois 212 étanches du bassin d'évaporation 20 sont adaptés à empêcher que l'eau ou les sels contenus
10 dans la première solution aqueuse S1 ne s'échappent dudit bassin d'évaporation 20.

Il est à noter que, quel que soit le mode de réalisation de l'unité de dessalement 1, le bassin d'évaporation 20 et le dispositif de dessalement 10 sont distincts et différents. Ils sont séparés par une conduite de déversement 12.

15 Dans le premier mode de réalisation de l'unité de dessalement, le dispositif de dessalement est directement alimenté en eau de mer acheminée, par exemple, par la conduite d'acheminement 11 à l'entrée 101 de ce dispositif de dessalement 10.

Selon les deuxième et troisième modes de réalisation de l'unité de
20 dessalement 1, représentés sur les figures 2 et 3, l'unité de dessalement 1 comprend, en outre, un dispositif de pré-concentration 30, 40 d'une solution aqueuse préliminaire SP contenant une concentration préliminaire en sels.

Ce dispositif de pré-concentration 30, 40 est adapté à concentrer en sels la solution aqueuse initiale S0 avant son arrivée dans l'entrée 101 du dispositif de
25 dessalement 10 principal.

La première solution aqueuse S1 rejetée en sortie du dispositif de dessalement 10 principal de ces deux modes de réalisation de l'unité de dessalement 1 est alors également plus concentrée en sels. L'extraction des sels par évaporation de l'eau de la solution aqueuse est ainsi plus rapide.

30 Selon le deuxième mode de réalisation de l'unité de dessalement 1 représenté sur la figure 2, l'unité de dessalement 1 est en tout point identique à l'unité de dessalement du premier mode de réalisation, si ce n'est qu'elle comprend en outre le dispositif de pré-concentration 30.

Le dispositif de pré-concentration 30 est une conduite de recirculation 30

adaptée à prélever tout ou partie de la première solution aqueuse S1 à la première sortie 102 du dispositif de dessalement 10 pour la réintroduire dans la conduite d'acheminement 11, en amont de l'entrée 101 du dispositif de dessalement 10 principal.

5 La conduite de recirculation 30 peut être munie d'une vanne de recirculation 31 adaptée à réguler le débit de première solution aqueuse S1 circulant dans ladite conduite de recirculation 30.

 En variante, la conduite de recirculation 30 peut comprendre un élément de filtrage adapté à autoriser le passage de la première solution aqueuse S1 dans
10 ladite conduite de recirculation 30 lorsque la première concentration C1 de cette première solution aqueuse S1 est inférieure à une valeur seuil de concentration prédéterminée, par exemple 80g/L.

 Cet élément de filtrage est par exemple une membrane semi ou héli perméable. On peut également envisager que l'élément de filtrage comprenne un
15 capteur autorisant la détermination de la première concentration C1 de la première solution aqueuse et des moyens de commande pour commander la vanne de recirculation 31 en fonction de la première concentration C1 de ladite première solution aqueuse S1.

 Ainsi, selon ce deuxième mode de réalisation, la solution aqueuse initiale
20 S0 introduite par la conduite d'acheminement 11 à l'entrée 101 du dispositif de dessalement 10 est formée d'un mélange entre l'eau de mer prélevée directement dans la mer, qui forme ici la solution aqueuse préliminaire SP, et la première solution aqueuse S1 prélevée par la conduite de recirculation 30 en sortie du dispositif de dessalement 10.

25 Ce deuxième mode de réalisation de l'unité de dessalement 1 est simple à mettre en place et peu coûteux.

 Selon le troisième mode de réalisation de l'unité de dessalement 1 représenté sur la figure 3, l'unité de dessalement est similaire à celle décrite dans le premier mode de réalisation, si ce n'est qu'elle comprend en outre, en amont du
30 dispositif de dessalement 10 principal décrit précédemment, le dispositif de pré-concentration 40.

 Selon ce troisième mode de réalisation, le dispositif de pré-concentration 40 est un autre dispositif de dessalement 40, appelé dans la suite dispositif de dessalement préliminaire 40.

Ainsi, ici la première pompe 111 de la conduite d'acheminement 11 est adaptée à prélever la solution aqueuse préliminaire SP, à savoir de l'eau de mer, et à l'acheminer vers une entrée 401 du dispositif de dessalement préliminaire 40.

5 Le dispositif de dessalement préliminaire 40 produit, à chacune de ses deux sorties 402, 403, comme le dispositif de dessalement 10 principal, d'un côté une solution aqueuse plus concentrée en sels que la solution aqueuse préliminaire SP, et de l'autre côté, une solution aqueuse moins concentrée en sels que la solution aqueuse préliminaire SP.

10 Une conduite de liaison 42 relie une première sortie 402 du dispositif de dessalement préliminaire 40 à l'entrée 101 du dispositif de dessalement 10 principal, de manière à introduire la solution aqueuse plus concentrée en sels que la solution aqueuse préliminaire SP produite par le dispositif de dessalement préliminaire 40 en entrée du dispositif de dessalement 10 principal.

15 Une autre conduite de rejet 43 est destinée à rejeter la solution aqueuse moins concentrée que la solution aqueuse préliminaire SP produite par le dispositif de dessalement préliminaire 40 depuis une deuxième sortie 403 du dispositif de dessalement préliminaire 40 vers l'extérieur de l'unité de dessalement 1.

20 Selon ce troisième mode de réalisation de l'unité de dessalement 1, le dispositif de dessalement 10 principal et le dispositif de dessalement préliminaire 40 ne sont pas nécessairement identiques.

Autrement dit, le dispositif de dessalement préliminaire 40 peut être un dispositif de distillation, et le dispositif de dessalement 10 principal peut être une pompe à osmose inverse par exemple.

25 En variante, on peut également prévoir que le dispositif de pré-concentration comprend de multiples dispositifs de dessalement disposés en série les uns des autres, en amont du dispositif de dessalement 10 principal, de manière à concentrer la solution aqueuse initiale S0 par une succession de dispositifs de dessalement.

30 On pourrait également envisager de placer en amont du dispositif de dessalement 10 principal tout dispositif de pré-concentration connu de l'homme du métier de manière à concentrer la solution aqueuse initiale S0 entrant dans ledit dispositif de dessalement 10.

L'utilisation du dispositif de dessalement préliminaire 40 en amont du

dispositif de dessalement 10 principal est particulièrement intéressante dans le cas où le dispositif de dessalement 10 principal est une pompe à osmose inverse. En effet, la pompe à osmose inverse étant relativement peu consommatrice d'énergie, l'ensemble comprenant le dispositif de dessalement préliminaire 40 et le
5 dispositif de dessalement 10 principal conserve une consommation électrique raisonnable.

En variante, on pourrait envisager de combiner les différents dispositifs de pré-concentration décrits précédemment. On peut notamment prévoir que la conduite de recirculation qui prélève au moins une partie de la première solution
10 aqueuse en sortie du dispositif de dessalement principal ramène cette première solution aqueuse à l'entrée du dispositif de pré-concentration formé par le dispositif de dessalement préliminaire, ou à l'entrée du dispositif de dessalement principal, en aval de ce dispositif de dessalement préliminaire.

En outre, quel que soit le mode de réalisation de l'unité de dessalement
15 1, on peut prévoir de placer en amont du dispositif de dessalement 10 principal différents éléments de prétraitements de la solution aqueuse initiale S0.

Ces éléments de prétraitements sont adaptés à éliminer d'éventuelles particules en suspension dans l'eau de mer, ou à éviter le développement de micro-organismes par exemple.

20 De manière classique, ces moyens de prétraitements de la solution aqueuse initiale S0 sont des moyens mécaniques tels que des filtres à sable ou des filtres à cartouche par exemple, ainsi que des moyens chimiques.

Ces éléments de prétraitements sont préférentiellement utilisés dans les unités de dessalement 1 dont le dispositif de dessalement 10 est une pompe à
25 osmose inverse.

Egalement, quel que soit le mode de réalisation de l'unité de dessalement 1, on peut prévoir de placer en aval de la conduite de rejet 13, des éléments de post-traitements de la deuxième solution aqueuse S2.

Ces éléments de post-traitements sont destinés à traiter cette deuxième
30 solution aqueuse S2 en vue de l'obtention d'une solution d'eau potable.

Procédé

L'unité de dessalement 1 est mise en œuvre pour réaliser le procédé d'extraction de sels selon l'invention.

Selon le procédé d'extraction de sels selon l'invention, l'opérateur réalise

les étapes suivantes :

a) il commande l'alimentation du dispositif de dessalement 10 de l'unité de dessalement 1 par la solution aqueuse initiale S0,

5 b) il commande le déversement de ladite première solution aqueuse S1 contenant la première concentration C1 en sels supérieure à ladite concentration initiale C0, obtenue en sortie du dispositif de dessalement 10, dans le bassin d'évaporation 20 de l'unité de dessalement 1,

c) il laisse s'évaporer l'eau de la première solution aqueuse S1,

10 d) il récupère les sels de la première solution aqueuse S1, sous la forme de cristaux de sels.

Selon un premier mode de réalisation du procédé d'extraction selon l'invention, mettant en œuvre le premier mode de réalisation de l'unité de dessalement selon l'invention (figure 1), à l'étape a), l'opérateur commande la première pompe 111 de la conduite d'acheminement 11 de manière à prélever la solution aqueuse initiale S0 dans un réservoir 2, ici la mer.

15 La première pompe 111 de la conduite d'acheminement 11 achemine ladite solution aqueuse initiale S0 à l'entrée 101 du dispositif de dessalement 10.

Le dispositif de dessalement 10 sépare la solution aqueuse initiale S0 en la première solution aqueuse S1 et en la deuxième solution aqueuse S2.

20 Plus précisément, lorsque le dispositif de dessalement 10 utilisé est la pompe à osmose inverse, l'opérateur fait circuler la solution aqueuse initiale S0 dans le premier compartiment de la pompe. Il impose en outre une pression dans le premier compartiment de manière à forcer une partie de l'eau contenue dans la solution aqueuse initiale S0 à travers la membrane semi-perméable et dans le second compartiment.

25 Ainsi, au fur et à mesure de la circulation de la solution aqueuse initiale S0 dans le premier compartiment, celle-ci se concentre en sels jusqu'à former la première solution aqueuse S1, acheminée vers la première sortie 102 du dispositif de dessalement 10.

30 L'eau forcée à travers la membrane semi-perméable dans le second compartiment est mélangée, dans ce second compartiment, à une solution aqueuse déjà présente de manière à former la deuxième solution aqueuse S2, acheminée vers la deuxième sortie 103 du dispositif de dessalement 10.

Lorsque le dispositif de dessalement 10 utilisé est le dispositif de

distillation, l'opérateur fait circuler la solution aqueuse initiale S0 dans le premier circuit de ce dispositif de distillation.

L'opérateur impose une pression et une température de chauffage dans une partie du premier circuit de manière à faire évaporer une partie de l'eau
5 contenue dans la solution aqueuse initiale S0.

Ainsi, au fur et à mesure de l'évaporation d'eau de la solution aqueuse initiale S0, ladite solution aqueuse se concentre en sels de manière à former la première solution aqueuse S1 acheminée vers la première sortie 102 du dispositif de dessalement 10.

L'eau évaporée du premier circuit est condensée dans le second circuit de manière à former la deuxième solution aqueuse S2 acheminée vers la deuxième sortie 103 du dispositif de dessalement 10.

Lorsque le dispositif de dessalement 10 utilisé est le dispositif d'électrodialyse, l'opérateur fait circuler la solution aqueuse initiale S0 dans les
15 compartiments du dispositif d'électrodialyse.

L'opérateur impose une tension entre les deux électrodes de manière à créer un champ électrique dans l'ensemble des compartiments.

Le champ électrique ainsi créé force les anions d'un compartiment sur deux à migrer, dans le sens du champ électrique, vers le compartiment voisin le
20 plus proche. Dans le même temps, le champ électrique créé force les cations d'un même compartiment sur deux à migrer en sens inverse vers le compartiment voisin le plus proche.

Un compartiment sur deux s'enrichit alors en ions, tandis que les autres compartiments s'appauvrissent en ions.

C'est la position des membranes perméables aux anions ou aux cations d'un côté ou de l'autre des compartiments qui définit quels compartiments s'enrichissent ou s'appauvrissent en ions.

Ainsi, au fur et à mesure de la circulation de la solution aqueuse initiale S0 dans les compartiments du dispositif d'électrodialyse, celle-ci s'enrichit en sels
30 dans un compartiment sur deux de manière à former la première solution aqueuse S1, acheminée vers la première sortie 102 du dispositif de dessalement 10, et s'appauvrit en sels dans les autres compartiments de manière à former la deuxième solution aqueuse S2, acheminée vers la deuxième sortie 103 du dispositif de dessalement 10.

Par ailleurs, quel que soit le dispositif de dessalement utilisé, l'opérateur commande la troisième pompe 131 et la vanne de rejet 130 de la conduite de rejet 13 de manière à rejeter la deuxième solution aqueuse S2 depuis la deuxième sortie 103 du dispositif de dessalement 10 vers l'extérieur de l'unité de
5 dessalement 1.

L'opérateur peut en outre imposer à la deuxième solution aqueuse S2 divers traitements dans les éléments de post-traitements de manière à rendre cette deuxième solution aqueuse S2 potable.

La deuxième solution aqueuse S2 peut être utilisée avantageusement
10 dans l'agriculture ou en tant qu'eau potable.

A l'étape b), l'opérateur commande également la vanne de déversement 120 de la conduite de déversement 12 de manière à déverser, sous l'effet de la gravité, la première solution aqueuse S1 dans le bassin d'évaporation 20.

En variante, à l'étape b), l'opérateur commande la deuxième pompe 121
15 et la vanne de déversement 120 de la conduite de déversement 12 de manière à déverser, par pompage, la première solution aqueuse S1 dans le bassin d'évaporation 20.

L'eau contenue dans la première solution aqueuse S1 placée dans l'élément de bassin 21 s'évapore à l'aide du soleil et du vent, de sorte que la
20 première solution aqueuse S1 se concentre en sels (étape c)).

Des premiers cristaux de sels d'une première composition chimique cristallisent alors dans le fond 212 de l'élément de bassin 21. Dans l'étape d), ces premiers cristaux de sels sont récupérés du fond 212 du bassin d'évaporation 20, par exemple à l'aide d'un râteau ou de tout autre moyen connu de l'homme du
25 métier pour récupérer des cristaux de sels dans une solution aqueuse.

Ensuite, des seconds cristaux de sels d'une seconde composition chimique cristallisent dans le fond 212 de l'élément de bassin 21. Ces seconds cristaux de sels sont également récupérés du fond 212 du bassin d'évaporation 20 à l'étape d).

30 En effet, d'une manière générale, des cristaux de sels cristallisent dans une solution aqueuse concentrée en sels lorsque la concentration desdits sels dans ladite solution aqueuse est au moins égale à la concentration de saturation de ces sels dans cette solution aqueuse, ladite concentration de saturation dépendant principalement des sels et de la composition de la solution aqueuse.

Ainsi, les premiers et seconds cristaux de sels cristallisent à des moments différents dans la première solution aqueuse S1 puisqu'ils sont présents à des concentrations différentes dans la première solution aqueuse S1. Les premier et second cristaux de sels peuvent donc être récupérés séparément.

5 Il en va de même pour l'ensemble des cristaux de sels pouvant être obtenus à partir de la première solution aqueuse S1.

Les cristaux de sels obtenus sont ensuite traités de manière à obtenir un ou des produits finaux souhaités. Selon les deuxième et troisième procédés d'extraction de sels, à l'étape a), la solution aqueuse initiale S0 est obtenue en concentrant en sels une solution aqueuse préliminaire SP à l'aide d'un dispositif de pré-concentration 30, 40 de l'unité de dessalement 1.

En particulier, la concentration initiale C0 en sels de la solution aqueuse initiale S0 peut atteindre 160 grammes par litre (g/L) grâce au dispositif de pré-concentration 30, 40. Cette concentration correspond à une concentration globale prenant en compte tous les sels présents dans la solution aqueuse initiale.

En pratique, il peut être prévu des étapes additionnelles de manière à concentrer en sels la solution aqueuse initiale S0 à l'entrée 101 du dispositif de dessalement 10, de manière à concentrer la première solution aqueuse S1 à la première sortie 102 du dispositif de dessalement 10.

20 Selon le deuxième procédé d'extraction de sels mettant en œuvre le deuxième mode de réalisation de l'unité de dessalement (figure 2), à l'étape a), l'opérateur commande la première pompe 111 de la conduite d'acheminement 11 de manière à prélever la solution aqueuse préliminaire SP dans le réservoir 2, ici la mer.

25 La première pompe 111 de la conduite d'acheminement 11 achemine ladite solution aqueuse préliminaire SP à l'entrée 101 du dispositif de dessalement 10.

L'opérateur commande la vanne de déversement 120 de la conduite de déversement 12 et la vanne de recirculation 31 de la conduite de recirculation 30 de manière à prélever une partie de la première solution aqueuse S1 circulant à la première sortie 102 du dispositif de dessalement 10.

Par exemple, l'opérateur ou l'élément de filtrage commande la vanne de recirculation 31 de manière à prélever au moins une partie de la première solution aqueuse S1 lorsque sa première concentration C1 en sels est inférieure à la

valeur seuil de concentration prédéterminée, à savoir dans notre exemple 80g/L.

Cette partie prélevée de la première solution aqueuse S1 est acheminée dans la conduite de recirculation 30 et réinjectée dans la conduite d'acheminement 11 du dispositif de dessalement 10, de sorte que ladite première
5 solution aqueuse S1 se mélange à la solution aqueuse préliminaire SP pour former la solution initiale S0.

Ces étapes sont répétées en boucle, autant de fois que le désire l'opérateur, de manière à concentrer en sels la première solution aqueuse S1 évacuée à la première sortie 102 du dispositif de dessalement 10.

10 Parallèlement, l'opérateur commande la vanne de déversement 120 de la conduite de déversement 12 et la vanne de recirculation 31 de la conduite de recirculation 30 de manière à déverser, sous l'effet de la gravité, l'autre partie de la première solution aqueuse S1 évacuée à la première sortie 102 du dispositif de dessalement 10 dans le bassin d'évaporation 20.

15 En variante, dans le cas où la conduite de déversement 12 est munie de la deuxième pompe 121, l'opérateur commande également cette deuxième pompe 121, de manière à déverser, par pompage, l'autre partie de la première solution aqueuse S1 évacuée à la première sortie 102 du dispositif de dessalement 10 dans le bassin d'évaporation 20.

20 Les étapes suivantes b), c) et d) du procédé d'extraction de sels sont identiques à celles décrites dans le premier mode de réalisation du procédé d'extraction.

En variante, on pourrait prévoir de faire recirculer, dans la conduite de recirculation 30, la totalité de la première solution aqueuse S1 provenant du
25 dispositif de dessalement 10.

Dans ce cas, à l'étape a) l'opérateur commande par exemple la vanne de déversement 120 de la conduite de déversement 12 et la vanne de recirculation 31 de la conduite de recirculation 30 et éventuellement la deuxième pompe 121, de manière à déverser, sous l'effet de la gravité ou éventuellement par pompage,
30 la première solution aqueuse S1 évacuée à la première sortie 102 du dispositif de dessalement 10 dans le bassin d'évaporation 20 lorsque la première concentration C1 en sels de la première solution aqueuse S1 est supérieure ou égale à la valeur seuil de concentration prédéterminée.

Selon le troisième procédé d'extraction de sels utilisant le troisième

mode de réalisation de l'unité de dessalement (figure 3), l'opérateur commande, à l'étape a), la première pompe 111 de la conduite d'acheminement 11 de manière à prélever la solution aqueuse préliminaire SP dans le réservoir 2, ici la mer.

5 La première pompe 111 de la conduite d'acheminement 11 achemine ladite solution aqueuse préliminaire SP à l'entrée 401 du dispositif de dessalement préliminaire 40.

10 Le dispositif de dessalement préliminaire 40 sépare la solution aqueuse préliminaire SP en deux parties : d'un côté, une solution aqueuse plus concentrée que la solution aqueuse préliminaire, et de l'autre côté, une solution aqueuse moins concentrée que la solution aqueuse préliminaire.

La solution aqueuse plus concentrée que la solution aqueuse préliminaire SP est introduite à l'étape a) dans le dispositif de dessalement 10 principal, à l'entrée 101.

15 Dans la suite, cette solution aqueuse plus concentrée que la solution aqueuse préliminaire SP est, par convention, appelée solution aqueuse initiale S0.

Le fonctionnement du dispositif de dessalement préliminaire 40 est similaire au fonctionnement du dispositif de dessalement 10 principal déjà décrit.

20 L'opérateur commande l'unité de dessalement 1 de manière à rejeter la solution aqueuse moins concentrée en sels que la solution préliminaire SP depuis la sortie 403 du dispositif de dessalement préliminaire 40 vers l'extérieur de l'unité de dessalement 1.

25 L'opérateur peut également imposer en aval de cette sortie 403 divers traitements dans les éléments de post-traitements de l'unité de dessalement 1 de manière à rendre potable cette solution aqueuse moins concentrée en sels que la solution préliminaire SP.

Comme décrit précédemment, le dispositif de dessalement 10 sépare la solution aqueuse initiale S0 en la première solution aqueuse S1 et en la deuxième solution aqueuse S2.

30 Comme décrit dans le premier mode de réalisation du procédé d'extraction, à l'étape b) l'opérateur commande la troisième pompe 131 et la vanne de rejet 130 de la conduite de rejet 13 de manière à rejeter la deuxième solution aqueuse S2 depuis la deuxième sortie 103 du dispositif de dessalement 10 vers l'extérieur de l'unité de dessalement 1.

Ici, le bassin d'évaporation 20 comprend plusieurs éléments de bassin 21

(figure 3). A l'étape b), l'opérateur commande alors la vanne de déversement 120 de la conduite de déversement 12, et la vanne de liaison supérieure 213a de manière à déverser, sous l'effet de la gravité, la première solution aqueuse S1 dans l'élément de bassin supérieur 21a du bassin d'évaporation 20.

5 En variante, à l'étape b), l'opérateur commande également la deuxième pompe 121, la vanne de déversement 120 de la conduite de déversement 12, et la vanne de liaison supérieure 213a, de manière à déverser, par pompage, la première solution aqueuse S1 dans l'élément de bassin supérieur 21a du bassin d'évaporation 20.

10 L'eau contenue dans la première solution aqueuse S1 de l'élément de bassin supérieur 21a s'évapore à l'aide du soleil et du vent, (étape c)) de sorte que la solution aqueuse présente dans l'élément de bassin supérieur 21a se concentre en sels.

Des premiers cristaux de sels d'une première composition chimique
15 cristallisent alors dans le fond 212 ou à la surface de l'élément de bassin supérieur 21a. Ces cristaux de sels sont récupérés (étape d)).

L'opérateur commande alors la vanne de liaison supérieure 213a et la vanne de liaison inférieure 213b de manière à transférer la solution aqueuse présente dans l'élément de bassin supérieur 21a, dans l'élément de bassin
20 intermédiaire 21b (étape b)).

L'opérateur fait évaporer l'eau contenue dans la solution aqueuse présente dans l'élément de bassin intermédiaire 21b, ici à l'aide du soleil et du vent, de sorte que celle-ci se concentre en sels (étape c)).

Des seconds cristaux de sels d'une seconde composition chimique
25 cristallisent alors dans le fond 212 de l'élément de bassin intermédiaire 21b, qui sont récupérés (étape d)).

L'opérateur commande ensuite la vanne de liaison inférieure 213b de manière à transférer la solution aqueuse présente dans l'élément de bassin intermédiaire 21B, dans l'élément de bassin inférieur 21c (étape b)).

30 L'opérateur fait évaporer l'eau contenue dans la solution aqueuse de l'élément de bassin inférieur 21c, ici à l'aide du soleil et du vent, de sorte que celle-ci se concentre en sels (étape c)).

Des troisièmes cristaux de sels d'une troisième composition chimique cristallisent alors dans le fond 212 de l'élément de bassin inférieur 21c, qui sont

récupérés (étape d)).

Les différents cristaux de sels obtenus sont finalement traités de manière à obtenir un ou des produits finaux souhaités.

5 Comme évoqué précédemment, les étapes liées à la présence de plusieurs éléments de bassin peuvent également être réalisées dans les premier et deuxième modes de réalisation du procédé d'extraction, lorsque les premier et deuxième modes de réalisation de l'unité de dessalement comprennent un tel bassin.

On peut évidemment prévoir deux ou plus éléments de bassin.

10 La description du troisième mode de réalisation du procédé d'extraction souligne que les étapes b), c) et d) peuvent être réalisées en partie simultanément, et non seulement de manière séquentielle comme cela est le cas dans le premier mode de réalisation du procédé d'extraction par exemple.

15 En variante, le procédé d'extraction peut s'appliquer à toutes solutions aqueuses contenant des sels, comme des solutions aqueuses provenant de marais salants ou des saumures ou eaux saumâtres.

Ainsi, grâce à l'unité de dessalement 1 selon l'invention, et grâce au procédé d'extraction de sels selon l'invention, il est possible d'obtenir de l'eau douce, et d'éviter le rejet de la solution aqueuse concentrée en sels dans la nature
20 tout en valorisant cette solution aqueuse concentrée en sels par extraction de cristaux de sels.

En particulier, l'invention décrite est intéressante pour l'extraction de sels de lithium et de sels de potassium.

25 En effet, depuis l'avènement des batteries au lithium intervenant dans les processus industriels de fabrication de téléphones portables, d'ordinateurs ou encore de voitures électriques ou hybrides, la consommation en lithium a fortement augmenté.

30 De même, l'extraction de potassium est particulièrement intéressante dès lors que le potassium intervient dans la fabrication de la potasse, c'est-à-dire des différentes solutions de sels de potassium, et en particulier des solutions aqueuses d'hydroxyde de potassium. La potasse est quant à elle utilisée dans la fabrication des engrais, les engrais comptant pour près de 95% de la consommation mondiale de potasse.

En prenant l'exemple du premier mode de réalisation de l'unité de

dessalement 1, installée au Moyen-Orient, dans laquelle le dispositif de
dessalement 10 est une pompe à osmose inverse capable de prélever de l'eau de
mer avec un débit de 100 000 mètres cube par jour, la concentration en potassium
et en lithium de cette eau de mer étant estimées à respectivement 400 grammes
5 par mètres cube et à 0,17 grammes par mètres cube, les quantités de potassium
et de lithium pouvant être extraites de l'eau de mer par l'unité de dessalement
selon l'invention s'élèvent à 40 000 tonnes de potassium et 20 tonnes de lithium
par an. Ces quantités représentent environ 0,1% de la production mondiale
annuelle actuelle de potassium et de lithium.

10

REVENDEICATIONS

1. Unité de dessalement (1) d'une solution aqueuse initiale (S0)
5 contenant une concentration initiale (C0) en sels, comprenant au moins un
dispositif de dessalement (10) adapté à recevoir, à une entrée (101), cette solution
aqueuse initiale (S0) et à rejeter séparément, à des première et deuxième sorties
(102, 103), une première solution aqueuse (S1) contenant une première
concentration (C1) en sels supérieure à ladite concentration initiale (C0), et une
10 deuxième solution aqueuse (S2) contenant une deuxième concentration (C2) en
sels inférieure à la concentration initiale (C0),

caractérisée en ce que ladite unité de dessalement (1) comprend en
outre au moins un bassin d'évaporation (20) et un moyen pour déverser (12)
exclusivement ladite première solution aqueuse (S1) rejetée par le dispositif de
15 dessalement (10) dans le bassin d'évaporation (20).

2. Unité de dessalement (1) selon la revendication 1, dans laquelle le
bassin d'évaporation (20) comprend plusieurs éléments de bassins (21) dont le
fond (212) et les parois (211) sont étanches.

3. Unité de dessalement (1) selon l'une des revendications 1 et 2, dans
20 laquelle le dispositif de dessalement (10) comprend une pompe à osmose inverse.

4. Unité de dessalement (1) selon l'une des revendications 1 à 3, dans
laquelle le dispositif de dessalement (10) comprend un dispositif de distillation de
la solution aqueuse initiale (S0).

5. Unité de dessalement (1) selon l'une des revendications 1 à 4, dans
25 laquelle le dispositif de dessalement (10) comprend un dispositif d'électrodialyse
de la solution aqueuse initiale (S0).

6. Unité de dessalement (1) selon l'une des revendications 1 à 5, dans
laquelle il est prévu un dispositif de pré-concentration (30, 40) adapté à concentrer
en sels une solution aqueuse préliminaire (SP) contenant une concentration
30 préliminaire en sels de manière à former, au moins partiellement, la solution
aqueuse initiale (S0) reçue par le dispositif de dessalement (10) à son entrée
(101).

7. Unité de dessalement (1) selon la revendication 6, dans laquelle ledit
dispositif de pré-concentration (30, 40) comprend au moins un autre dispositif de

dessalement (40) placé en amont dudit dispositif de dessalement (10), cet autre dispositif de dessalement (40) recevant à une autre entrée (401) ladite solution aqueuse préliminaire (SP) et rejetant à une autre première sortie (402) ladite solution aqueuse initiale (S0).

5 8. Unité de dessalement (1) selon l'une des revendications 6 et 7, dans laquelle ledit dispositif de pré-concentration (30, 40) comprend une conduite de recirculation (30) d'au moins une partie de la première solution aqueuse (S1) depuis la première sortie (102) dudit dispositif de dessalement (10) vers l'entrée (101) dudit dispositif de dessalement (10), de telle sorte que ladite solution
10 aqueuse initiale (S0) alimentant le dispositif de dessalement (10) est ici formée par un mélange entre ladite première solution aqueuse (S1) et ladite solution aqueuse préliminaire (SP).

 9. Procédé d'extraction de sels utilisant une unité de dessalement (1) selon l'une des revendications 1 à 8, selon lequel,

15 a) on alimente un dispositif de dessalement (10) de l'unité de dessalement (1) par une solution aqueuse initiale (S0),

 b) on déverse ladite première solution aqueuse (S1) contenant la première concentration (C1) en sels supérieure à ladite concentration initiale (C0) dans le bassin d'évaporation (20) de l'unité de dessalement (1),

20 c) on évapore l'eau de la première solution aqueuse (S1),

 d) on récupère les sels de la première solution aqueuse (S1).

 10. Procédé d'extraction de sels selon la revendication 9, selon lequel, à l'étape a), la solution aqueuse initiale (S0) est obtenue en concentrant en sels une
25 solution aqueuse préliminaire (SP) à l'aide d'un dispositif de pré-concentration (30, 40) de l'unité de dessalement (1).

1/1

