

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication : **3 065 720**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **17 53726**

⑤1 Int Cl⁸ : **C 02 F 3/00** (2017.01), B 01 D 35/28, C 02 F 9/02,
C 02 F 9/14

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 ZONE HUMIDE ARTIFICIELLE DIMENSIONNÉE POUR L'ÉLIMINATION DE POLLUANTS.

②2 Date de dépôt : 28.04.17.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 02.11.18 Bulletin 18/44.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 30.10.20 Bulletin 20/44.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

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

⑦2 Inventeur(s) : PENRU YWANN, PERRIDY
LUDOVIC et LANGLAIS CHRYSTELLE.

⑦3 Titulaire(s) : SUEZ GROUPE Société par actions
simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE Société
en nom collectif.

FR 3 065 720 - B1



ZONE HUMIDE ARTIFICIELLE DIMENSIONNEE POUR L'ELIMINATION DE POLLUANTS

DOMAINE DE L'INVENTION

5

[0001] La présente invention concerne le domaine des zones humides pour l'élimination de polluants. Plus précisément, la présente invention concerne le dimensionnement de zones humides pour optimiser les capacités épuratoires de celles-ci.

10

ETAT DE L'ART PRECEDENT

[0002] Il est connu d'utiliser des systèmes d'épuration d'eaux usées brutes, issues d'effluents urbains et/ou industriels pour limiter l'impact des effluents d'activités humaines sur les écosystèmes.

15

[0003] Plusieurs techniques permettent d'intensifier la capacité épuratoire des systèmes d'épuration d'eaux usées, et donc de réduire leur emprise au sol pour une capacité épuratoire donnée. Par exemple, certaines techniques permettent d'intensifier le processus épurateur dans la phase liquide de ces ouvrages par un apport forcé en oxygène. Par exemple la demande de brevet US2016100083 décrit des dispositifs visant à transférer de l'oxygène dans les lagunes d'un système d'épuration d'eaux usées. La demande de brevet CN205115138 décrit un dispositif d'aération utilisant avantageusement l'énergie solaire.

20

[0004] Certaines solutions permettent d'améliorer le rendement épuratoire des systèmes d'épuration d'eaux usées, dans des contextes particuliers. Par exemple, la demande de brevet US2016167994 décrit l'ajout de microorganismes aquatiques (bio-augmentation), en particulier l'ajout de micro algues pour l'élimination en phase aqueuse de métaux et de sulfates d'un effluent minier. Cette solution permet d'améliorer le rendement épuratoire dans le cas de systèmes d'épuration d'eaux usées dédiés au traitement d'un effluent industriel (et présentant donc une faible biodiversité naturelle).

30

[0005] La demande de brevet US2016200608 divulgue une recirculation des effluents dans un système d'épuration d'eaux usées présentant au moins deux compartiments, afin d'éviter une chute du rendement épuratoire de la

35

zone humide en cas de changements importants de température au cours des saisons.

[0006] Les écosystèmes dits racinaires (ou rhizosphères) de macro végétaux sont également connus et avantageusement exploités pour éliminer les polluants d'eau et d'effluents en général.

[0007] Par exemple, la demande de brevet WO2011157406 décrit la mise en œuvre de plusieurs compartiments présentant des écosystèmes racinaires disposés en série. La demande de brevet WO2011157406 décrit la nature du substrat pour maintenir une bonne perméabilité dudit substrat pour, notamment, l'élimination de composés organochlorés.

[0008] La demande de brevet WO2006030164 décrit une méthode de gestion de compartiments plantés de macro végétaux et décrit en particulier l'alternance de phases d'alimentation et de non alimentation en effluent des compartiments pour favoriser l'alternance de phases aérobies et anoxiques ou anaérobiques au sein de la zone humide artificielle.

[0009] La demande de brevet WO2006128994, déposée par le demandeur de la présente demande, décrit une combinaison de dispositifs d'épuration classiques pour l'élimination de la pollution carbonée et azotée, avec des compartiments consistant en des lits filtrants plantés de roseaux.

[0010] De manière générale, ces dispositifs visent à favoriser un processus épuratoire en particulier. Ces techniques présentent des limites importantes pour le traitement des effluents modernes. En effet, si ces dispositifs permettent une bonne élimination des macro polluants, l'utilisation d'un processus épuratoire unique peut présenter une efficacité limitée pour de nombreux polluants organiques ou minéraux. Par exemple, ces zones humides peuvent présenter une efficacité limitée pour le traitement de micropolluants tels que les produits pharmaceutiques.

[0011] Ainsi, ces dispositifs, s'ils présentent certaines améliorations, ne peuvent atteindre des rendements épuratoires satisfaisants qu'au prix d'une emprise au sol importante, de l'ordre de 10 à 20 m²/équivalent habitants en fonction de la nature de l'effluent et des objectifs de traitement. Cette emprise au sol reste trop importante pour permettre d'installer des zones humides artificielles dans des zones où le foncier est cher et/ou peu disponible.

[0012] Le déposant s'est intéressé à la capacité épuratoire des zones humides. Les zones humides permettent une élimination des micropolluants d'eaux de pluie. Les zones humides peuvent également être utilisées pour

éliminer des micropolluants d'effluents urbains ou industriels après un prétraitement, en vue de réduire l'impact de l'effluent sur le milieu récepteur par exemple.

5 **[0013]** Les zones humides les plus simples consistent en une ou plusieurs lagunes, naturelles ou aménagées par l'homme, à travers laquelle/lesquelles transite l'effluent. Ces dispositifs sont constitués préférentiellement d'une large surface aquatique, une hauteur d'eau moyenne de 1 à 1,5 m, une faible vitesse d'écoulement, un grand temps de séjour (de plusieurs jours à plusieurs semaines). Ces zones humides permettent ainsi l'élimination des
10 matières en suspension qui y décantent, la désinfection des effluents par la pénétration dans la colonne d'eau des rayons UV naturels du soleil, et l'élimination de la pollution organique, azotée et phosphorée. Ces zones humides peuvent générer plusieurs mécanismes de dégradation, notamment de la photo-dégradation, de l'adsorption (sur un substrat, sur des plantes, ou
15 des matières en suspension par exemple), de la biodégradation, ou de l'assimilation par des végétaux si des végétaux sont présents dans la zone humide.

[0014] Si l'efficacité de ces zones humides est reconnue, elles présentent l'inconvénient de présenter une emprise au sol importante: en effet, ces
20 zones humides sont caractérisées par un temps de séjour élevé, et donc, pour un débit donné, un volume important. La hauteur d'eau moyenne de ces dispositifs étant limitée, la surface au sol de ces zones est donc très importante. Ceci peut limiter la possibilité d'aménagement de zones humides dans des zones où le foncier est peu disponible et/ou cher.

25 **[0015]** Il y a donc besoin d'une zone humide artificielle permettant d'atteindre un taux d'élimination cible d'un ou plusieurs polluants d'un effluent, tout en ayant une emprise au sol aussi faible que possible.

RESUME DE L'INVENTION

30

[0016] A cet effet, l'invention décrit un zone humide artificielle d'épuration d'effluents liquides d'au moins un polluant cible, ladite zone humide artificielle comprenant au moins un premier compartiment et un deuxième compartiment alimenté par un effluent dudit premier compartiment, ladite
35 zone humide artificielle étant caractérisée en ce que : ledit au moins un premier compartiment a une hauteur d'eau moyenne comprise entre 5 et 70

cm ; ledit au moins un deuxième compartiment a une hauteur d'eau moyenne comprise entre 70 et 150 cm.

[0017] La hauteur faible, entre 5 et 70 cm, de l'au moins un premier compartiment permet de favoriser la pousse de végétaux et/ou l'adsorption dans l'au moins un premier compartiment. La hauteur plus élevée de l'au moins un second compartiment, entre 70 et 150 cm, permet de limiter la pousse des végétaux, et de favoriser la photodégradation et/ou la décantation dans l'au moins un deuxième compartiment. La décantation, dans l'au moins un deuxième compartiment, de matières en suspension et/ou végétaux sur lesquels s'est adsorbé le polluant dans l'au moins un premier compartiment, permet d'accroître l'efficacité de la zone humide artificielle. La synergie des processus ayant lieu dans l'au moins un premier et l'au moins un deuxième compartiment permet ainsi d'atteindre des taux d'élimination de polluants élevés, avec une emprise au sol faible.

[0018] Avantageusement, le volume dudit au moins un premier compartiment est choisi pour permettre un premier temps de séjour des effluents liquides dans ledit au moins un premier compartiment en fonction d'un débit entrant dans ledit au moins un premier compartiment ; le volume dudit au moins un deuxième compartiment est choisi pour permettre un deuxième temps de séjour des effluents liquides dans ledit au moins un deuxième compartiment, en fonction d'un débit entrant dudit au moins un deuxième compartiment.

[0019] Cette caractéristique permet de s'assurer que les compartiments de la zone humide artificielle ont un volume suffisant pour garantir la durée les réactions y ayant lieu dans chacun des compartiments, tout en limitant l'emprise au sol de la zone humide artificielle.

[0020] Avantageusement, les premier et deuxième temps de séjour sont choisis de manière à atteindre un taux d'élimination minimal de l'au moins un polluant cible en sortie dudit au moins un deuxième compartiment.

[0021] Cette caractéristique permet de garantir le rendement épuratoire de la zone humide artificielle, tout en limitant son encombrement.

[0022] Avantageusement, ledit au moins un premier compartiment a un périmètre en mètres linéaires supérieur ou égal à un dixième de sa surface en mètres carrés, inférieur ou égal à un sixième de sa surface en mètres carrés, et de préférence égal à 15% de sa surface en mètres carrés ; ledit au moins un premier compartiment a une hauteur d'eau moyenne comprise entre 10 et 50 cm, et de préférence égale à 20 cm.

[0023] Cette caractéristique permet de favoriser la pousse des végétaux et l'adsorption aux végétaux dans l'au moins un premier compartiment.

[0024] Avantageusement, le volume dudit au moins un premier compartiment est choisi pour permettre un temps de séjour des effluents liquides dans le
5 ledit au moins un premier compartiment compris entre 0,5 et 3 jours en fonction d'un débit entrant dudit au moins un premier compartiment.

[0025] Cette caractéristique permet d'adapter le temps de séjour, et donc la taille de l'au moins un premier compartiment en fonction de l'importance de l'adsorption pour l'élimination de l'au moins un polluant cible : si l'adsorption
10 n'est pas importante vis-à-vis de l'au moins un polluant cible, un temps de séjour très court (par exemple de 0,5 jours) permet néanmoins de supprimer un peu de boues et matières en suspension ; si l'adsorption est importante pour éliminer l'au moins un polluant cible, un temps de séjour plus long (jusqu'à 3 jours) permet de garantir un taux d'élimination voulu du polluant
15 cible.

[0026] Avantageusement, ledit au moins un premier compartiment a un périmètre en mètres linéaires supérieur ou égal à 5% de sa surface en mètres carrés, inférieur ou égal à 55% de sa surface en mètres carrés, et de préférence égal à la moitié de sa surface en mètres carrés ; ledit au moins un
20 premier compartiment a une hauteur d'eau moyenne comprise entre 10 et 70 cm, et de préférence égale à 50 cm.

[0027] Cette caractéristique permet d'avoir au moins un premier compartiment étiré en longueur, ou formant des méandres, tout en ayant une longueur faible. Ceci permet d'avoir un contact important avec le substrat, et
25 de favoriser l'adsorption du polluant au substrat ou aux matières en suspension.

[0028] Avantageusement, le volume de l'au moins un premier compartiment est configuré pour permettre un temps de séjour des effluents liquides dans le ledit au moins un premier compartiment est compris entre 1 et 2 jours, en
30 fonction d'un débit entrant dudit au moins un premier compartiment.

[0029] Cette caractéristique permet d'adapter le temps de séjour, et donc la taille de l'au moins un premier compartiment en fonction de l'importance de l'adsorption pour l'élimination de l'au moins un polluant cible : si l'adsorption n'est pas importante vis-à-vis de l'au moins un polluant cible, un temps de
35 séjour court (par exemple de 1 jour) permet de ralentir les écoulements entre deux compartiments ; si l'adsorption est importante pour éliminer l'au moins

un polluant cible, un temps de séjour plus long (jusqu'à 2 jours) permet de garantir un taux d'élimination voulu du polluant cible.

[0030] Avantageusement, ledit au moins un deuxième compartiment a un périmètre en mètres linéaires inférieur ou égal à un quart de sa surface en mètres carrés, et de préférence égal à 17% de sa surface en mètres carrés ;
5 ledit au moins un deuxième compartiment a une hauteur d'eau moyenne supérieure ou égale à 70 cm et inférieure ou égale à 150 cm.

[0031] Cette caractéristique permet de favoriser la photodégradation et la décantation dans l'au moins un deuxième compartiment.

10 **[0032]** Avantageusement, le volume dudit au moins un deuxième compartiment est configuré pour permettre un temps de séjour des effluents liquides dans le ledit au moins un deuxième compartiment compris entre 1 et 5 jours en fonction d'un débit entrant dudit au moins un premier compartiment.

15 **[0033]** Cette caractéristique permet de garantir un niveau suffisant d'élimination du polluant dans l'au moins un deuxième compartiment, tout en limitant la surface occupée par l'au moins un deuxième compartiment.

[0034] Avantageusement, l'un au moins desdits au moins un premier compartiment et au moins un deuxième compartiment est équipé de noues
20 sur une longueur supérieure ou égale à la moitié de sa largeur maximale.

[0035] Cette caractéristique permet d'améliorer la répartition du débit entrant dans le compartiment.

[0036] Avantageusement, ledit au moins un deuxième compartiment comprend au moins une zone à hauts-fonds.

25 **[0037]** Cette caractéristique permet de favoriser l'émergence de macrophytes dans l'au moins un deuxième compartiment.

[0038] Avantageusement, ladite au moins une zone à hauts-fonds a une largeur décroissante de la berge vers le centre dudit au moins un deuxième compartiment.

30 **[0039]** Cette caractéristique permet de favoriser une plus forte concentration de macrophytes à proximité des berges de l'au moins un deuxième compartiment.

[0040] Avantageusement, la zone humide artificielle est connectée en sortie à un dispositif de filtration sur média comprenant au moins deux ouvrages en
35 parallèle pouvant être alimentés en alternance.

[0041] Cette caractéristique permet de retenir les matières en suspension, particules et débris végétaux.

[0042] Avantageusement, ledit dispositif de filtration est planté de roseaux.

[0043] Cette caractéristique permet de maintenir la perméabilité des berges du matériau filtrant.

[0044] L'invention décrit également une méthode d'aménagement d'une zone humide artificielle d'épuration d'effluents liquides d'au moins un polluant cible, ladite méthode comprenant : la définition d'au moins un premier compartiment, ayant une hauteur d'eau moyenne comprise entre 5 et 70 cm ; la définition d'au moins deuxième compartiment alimenté par un effluent dudit premier compartiment, ayant une hauteur d'eau moyenne comprise entre 70 et 150 cm.

[0045] Avantageusement, la méthode d'aménagement comprend, pour au moins un compartiment : une définition d'un temps de séjour dans ledit au moins un compartiment, en fonction d'au moins un type de réaction devant avoir lieu dans l'au moins un compartiment, et d'un taux d'élimination cible de l'au moins un polluant cible ; un calcul d'un volume de l'au moins un compartiment en fonction dudit temps de séjour, et d'un débit entrant d'effluents dans ledit au moins un compartiment ; un calcul d'une surface de l'au moins un compartiment en fonction dudit volume, et d'une hauteur d'eau moyenne de l'au moins un compartiment choisie en fonction de l'au moins un type de réaction ; un calcul d'un périmètre de l'au moins un compartiment en fonction de ladite surface, et d'un ratio entre le périmètre en mètres linéaires de l'au moins un compartiment, et la surface de l'au moins un compartiment, ledit ratio étant choisi en fonction de l'au moins un type de réaction.

[0046] Cette méthode permet un dimensionnement efficace d'une zone humide artificielle, permettant de garantir un taux d'élimination d'un polluant cible, tout en limitant l'emprise au sol de la zone humide artificielle, et en s'adaptant au foncier disponible.

[0047] L'invention décrit également une méthode d'épuration d'effluents liquides d'au moins un polluant cible par une zone humide artificielle, ladite méthode comprenant successivement : le traitement des effluents par au moins un premier compartiment de la zone humide artificielle, ledit au moins un premier compartiment ayant une hauteur d'eau moyenne comprise entre 5 et 70 cm ; le traitement des effluents par au moins un deuxième compartiment de la zone humide artificielle, ledit au moins un deuxième compartiment ayant une hauteur d'eau moyenne comprise entre 70 et 150 cm.

[0048] Cette méthode permet un traitement efficace d'un effluent, en favorisant le traitement de l'effluent par des compartiments favorisant des réactions ayant des synergies entre elles.

5

[0049] L'invention permet d'optimiser les processus épuratoires ayant lieu dans une zone humide artificielle.

[0050] L'invention permet de garantir un taux d'élimination d'un polluant cible par une zone humide artificielle.

10 **[0051]** L'invention permet de réduire l'emprise au sol des zones humides.

[0052] L'invention est applicable à de nombreux processus épuratoires.

[0053] L'invention permet d'éliminer de nombreux types de polluants cibles.

[0054] L'invention permet d'améliorer la biodiversité des zones humides.

15 **[0055]** L'invention est utilisable avec un grand nombre de végétaux, y compris des végétaux endémiques de la région dans laquelle la zone humide artificielle est installée.

[0056] L'invention permet différentes formes de compartiments.

[0057] L'invention est applicable à plusieurs agencements de compartiments, ce qui permet d'adapter la zone humide artificielle au foncier disponible.

20

LISTE DES FIGURES

25 **[0058]** D'autres caractéristiques apparaîtront à la lecture de la description détaillée donnée à titre d'exemple et non limitative qui suit faite au regard de dessins annexés qui représentent:

- La figure 1, un premier exemple schématique de zone humide artificielle selon l'invention ;
- La figure 2, un second exemple schématique de zone humide artificielle selon l'invention ;
- 30 - La figure 3, un exemple de vue aérienne d'une zone humide artificielle simulée selon l'invention ;
- La figure 4, un exemple de vue aérienne d'un compartiment d'une zone humide artificielle simulée selon l'invention ;
- La figure 5, un premier exemple de méthode de dimensionnement d'une zone humide artificielle selon l'invention ;
- 35 - La figure 6, un deuxième exemple de méthode de dimensionnement d'une zone humide artificielle selon l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE

5 **[0059]** La figure 1 représente un premier exemple schématique de zone humide artificielle selon l'invention.

[0060] La zone humide artificielle 100 permet de traiter des liquides, par exemple des eaux usées traitées d'origine résidentielle et/ou industrielle. La zone humide artificielle peut également traiter des eaux de pluie polluées, ou tout autre type d'effluent aqueux, par exemple un effluent mixte composé
10 d'eaux usées urbaines et d'eaux de pluie. La zone humide artificielle 100 peut par exemple traiter les effluents d'une station d'épuration, d'une communauté urbaine, d'un site industriel, ou se situer en aval d'un cours d'eau et/ou d'un bassin collecteur d'eau de pluie.

[0061] La zone humide artificielle 100 permet plus spécifiquement l'épuration
15 d'au moins un polluant cible de l'effluent. Les zones humides selon l'invention permettent généralement de traiter un grand nombre de polluants. Selon les différents modes de réalisation de l'invention, la zone humide artificielle 100 peut être dimensionnée pour le traitement d'un seul polluant, ou pour le traitement simultané de plusieurs polluants.

20 **[0062]** La zone humide artificielle comporte un premier compartiment 110, et un deuxième compartiment 120. Le deuxième compartiment 120 se situe en aval du premier compartiment 110, et traite les effluents de celui-ci. Les effluents sont donc dans un premier temps traités par le premier compartiment 110, puis par le deuxième compartiment 120.

25 **[0063]** Les compartiments des zones humides artificielles selon l'invention sont remarquables par leurs hauteurs moyennes, qui permettent de favoriser des mécanismes épuratoires différents selon les compartiments. Les hauteurs moyennes des compartiments pourront, dans le cadre de la présente demande, être désignées indifféremment hauteur ou hauteur d'eau.
30 La hauteur d'eau moyenne correspond à la moyenne des hauteurs d'eau d'un compartiment.

[0064] Le premier compartiment 110 a une hauteur d'eau moyenne comprise entre 5 et 70 cm. Cette hauteur d'eau permet de favoriser la pousse de végétaux et/ou l'adsorption dans le premier compartiment 110.

35 **[0065]** Le deuxième compartiment a une hauteur d'eau moyenne comprise entre 70 et 150 cm. La hauteur d'eau moyenne plus élevée du deuxième

compartiment permet de limiter la pousse des végétaux, et de favoriser la photodégradation et/ou la décantation.

[0066] La décantation, dans le deuxième compartiment, de matières en suspension et/ou végétaux sur lesquels s'est adsorbé le polluant dans l'au
5 moins un premier compartiment, permet d'accroître l'efficacité de la zone humide artificielle. La combinaison de ces processus permet ainsi d'atteindre des taux d'élimination de polluants élevés, avec une emprise au sol faible.

[0067] La zone humide artificielle 100 est caractérisée par un débit d'entrée, dépendant de la source des effluents à traiter. Le débit d'entrée est
10 généralement prédictible, en fonction de la source des effluents à traiter. Par exemple, si la zone humide artificielle est positionnée en sortie d'une station d'épuration d'une communauté urbaine, il est possible de prévoir un débit d'entrée de la zone humide artificielle à dimensionner en fonction du nombre d'habitants de la communauté urbaine. De même, il est possible de prévoir
15 un débit d'entrée cible pour une zone humide artificielle pour traiter les effluents d'une zone industrielle en fonction du flux de sortie de la zone industrielle. Selon différents modes de réalisation de l'invention, le débit entrant peut être un débit moyen, ou un débit maximum.

[0068] Dans un ensemble de modes de réalisation de l'invention, il est
20 désirable de garantir que l'effluent reste suffisamment longtemps dans le premier compartiment 110 et le deuxième compartiment 120, pour garantir que la durée de réaction est suffisante.

[0069] A cet effet, le volume du premier compartiment 110 peut être choisi
pour permettre un premier temps de séjour des effluents liquides dans le
25 premier compartiment 110. Le volume du premier compartiment 110 peut ainsi être défini en multipliant le temps de séjour cible par le débit entrant du premier compartiment 110.

[0070] De manière similaire, le volume du deuxième compartiment 120 peut
être choisi pour permettre un deuxième temps de séjour des effluents
30 liquides dans le deuxième compartiment 120. Le volume du deuxième compartiment 120 peut ainsi être défini en multipliant le temps de séjour cible par le débit entrant du deuxième compartiment 120.

[0071] Dans un ensemble de modes de réalisation de l'invention, les
volumes du premier compartiment 110 et du deuxième compartiment 120
35 permettent ainsi de garantir la durée voulue des réactions ayant lieu dans chacun des compartiments, tout en limitant le volume des compartiments, et donc l'emprise au sol de la zone humide artificielle.

[0072] Selon différents modes de réalisation de l'invention, le premier et le deuxième temps de séjour sont choisis de manière à atteindre un taux d'élimination minimal de l'au moins un polluant cible en sortie du deuxième compartiment. Il est ainsi possible de garantir le rendement épuratoire de la zone humide artificielle, tout en limitant son emprise au sol.

[0073] Selon différents modes de réalisation de l'invention, les premier et deuxième temps de séjour peuvent être choisis de différentes manières. Par exemple, des recueils de données sur le terrain permettent de déterminer, pour une réaction donnée, un taux d'élimination du polluant par la réaction. Les temps de séjour peuvent aussi avoir été obtenus par étude de la cinétique de compartiments de zones humides existantes et/ou par l'étude en laboratoire de la cinétique de réactions se produisant en mini bassins.

[0074] Dans un ensemble de modes de réalisations de l'invention, la zone humide artificielle est destinée à obtenir un taux d'élimination cible de plusieurs polluants cible. Si les temps de séjours nécessaires pour l'élimination des différents polluants sont différents, les volumes du premier compartiment 110 et du deuxième compartiment 120 peuvent être définis en fonction des temps de séjour maximaux pour chaque compartiment. Par exemple, si un taux d'élimination cible d'un premier polluant est atteint avec un temps de séjour de 2 jours dans le premier compartiment 110, et un taux d'élimination cible d'un deuxième polluant avec un temps de séjour de 3 jours dans le premier compartiment 110, le volume du premier compartiment 110 peut être défini pour garantir un temps de séjour de 3 jours permettant de garantir le taux d'élimination cible des deux polluants.

[0075] Inversement, si un taux d'élimination cible d'un premier polluant est atteint avec un temps de séjour de 5 jours dans le deuxième compartiment 120, et un taux d'élimination cible du deuxième polluant avec un temps de séjour de 2 jours dans le deuxième compartiment 120, le volume du deuxième compartiment pourra être dimensionné pour garantir un temps de séjour de 5 jours permettant d'atteindre le taux d'élimination cible des deux polluants. Ainsi, le choix du volume des deux compartiments permet de garantir que le taux d'élimination cible de chacun des deux polluants est atteint ou dépassé par la zone humide artificielle.

[0076] Dans un ensemble de modes de réalisation de l'invention, les dimensions du premier compartiment 110 permettent de favoriser encore plus la pousse des végétaux, par exemple pour former une roselière. Cette condition est remplie par exemple, lorsque le premier compartiment a :

- une hauteur d'eau moyenne comprise entre 10 et 50 cm, par exemple égale à 20 cm ;
- un périmètre en mètres linéaires supérieur ou égal à un dixième de sa surface en mètres carrés, inférieur ou égal à un sixième de sa surface en mètres carrés, par exemple égal à 15% de sa surface en mètres carrés.

Ces dimensions permettent au premier compartiment 110 d'avoir en même temps une hauteur d'eau faible, et une forme allongée. Le premier compartiment 110 favorise alors de manière importante la pousse des végétaux, et l'adsorption des polluants à ceux-ci. Dans un ensemble de modes de réalisation de l'invention, le volume de ce premier compartiment peut être choisi pour garantir un temps de séjour des effluents compris entre 0,5 et 3 jours en fonction du débit entrant dans le compartiment. Ce temps de séjour permet dans la plupart des cas de garantir un niveau suffisant d'adsorption dans un premier compartiment de type roselière, tout en limitant l'emprise au sol de l'au moins un premier compartiment.

[0077] Dans un ensemble de modes de réalisation de l'invention, les dimensions du premier compartiment 110 sont telles que le premier compartiment 110 a :

- un périmètre en mètres linéaires supérieur ou égal à 5% de sa surface en mètres carrés, et inférieur ou égal à 55% de sa surface en mètres carrés, par exemple égal à la moitié de sa surface en mètres carrés ;
- une hauteur d'eau moyenne comprise entre 10 et 70 cm, par exemple égale à 50 cm.

Ces dimensions permettent d'avoir un premier compartiment 110 étiré en longueur, ou formant des méandres, tout en ayant une longueur faible. Ceci permet d'avoir un contact important avec le substrat, et de favoriser l'adsorption du polluant au substrat ou aux matières en suspension. Ce premier compartiment 110 peut avoir un volume permettant un temps de séjour compris entre 1 et 2 jours. Ce temps de séjour permet, dans la plupart des cas, de garantir un niveau suffisant d'adsorption dans un premier compartiment 110 de type méandres, tout en limitant l'emprise au sol du premier compartiment 110.

[0078] Dans un ensemble de modes de réalisation de l'invention, les dimensions du deuxième compartiment 120 sont telles que :

- Le deuxième compartiment 120 a un périmètre en mètres linéaires inférieur ou égal à un quart de sa surface en mètres carrés, par exemple égal à 17% de sa surface en mètres carrés ;
- La hauteur d'eau moyenne est supérieure ou égale à 70 cm et inférieure ou égale à 150 cm.

Ces dimensions permettent de définir un deuxième compartiment 120 de type bassin permettant de favoriser la photodégradation et la décantation. En particulier, une hauteur d'au moins 70 cm permet d'empêcher la pousse des végétaux de type hélrophytes dans le compartiment afin de favoriser la photodégradation ; une hauteur jusqu'à 150 cm permet à une quantité suffisante de photons d'atteindre le fond du deuxième compartiment 120. Ainsi, si le deuxième compartiment 120 est aussi profond, la photodégradation va avoir lieu dans l'ensemble du deuxième compartiment. Ceci permet d'avoir un deuxième compartiment 120 ayant un volume donné, avec la surface la plus petite possible, et donc de favoriser la photodégradation avec une emprise au sol aussi faible que possible.

[0079] Dans un ensemble de modes de réalisation de l'invention, le volume du deuxième compartiment permet un temps de séjour des effluents liquides dans un deuxième compartiment 120 compris entre 1 et 5 jours en fonction d'un débit entrant dudit deuxième compartiment 120. Ce temps de séjour permet, dans la plupart des cas, de garantir un niveau suffisant de photodégradation et de décantation dans le deuxième compartiment 120 de type lagune, tout en limitant l'emprise au sol du deuxième compartiment 120.

[0080] Les dimensions possibles du premier compartiment 110 et du deuxième compartiment 120 permettent de définir un ensemble de formes de compartiments. Ainsi, si ces dimensions permettent d'assurer un niveau d'élimination du ou des polluants cibles, la forme du premier compartiment 110 et la forme du deuxième compartiment 120 peuvent être définies pour s'adapter à des contraintes externes, par exemple pour s'adapter au foncier disponible là où la zone doit être implantée.

[0081] La figure 2 représente un second exemple schématique de zone humide artificielle selon l'invention.

[0082] La zone humide artificielle 200 est destinée à un usage similaire à celui de la zone humide artificielle 100 décrite en référence à la figure 1.

[0083] La zone humide artificielle 200 comprend un compartiment de type roselière 210 similaire au premier compartiment 110 (avec un périmètre en

mètres linéaires supérieur ou égal à un dixième de sa surface en mètres carrés, inférieur ou égal à un sixième de sa surface en mètres carrés), deux compartiments de type bassin 220 et 221 similaires au deuxième compartiment 120, un compartiment de type méandres 211 similaire au premier compartiment 110 (avec un périmètre en mètres linéaires supérieur ou égal à 5% de sa surface en mètres carrés inférieur ou égal à 55% de sa surface en mètres carrés, par exemple égal à la moitié de sa surface en mètres carrés), et un troisième compartiment de type bassin 222 similaire au deuxième compartiment 120.

10 **[0084]** La zone humide artificielle 200 permet ainsi une alternance de compartiments favorisant des réactions différentes, avec notamment, dans l'ordre de parcours de l'effluent :

- Le compartiment 210 de type roselière favorisant la pousse des végétaux et l'adsorption aux végétaux ;
- 15 - Les compartiments 220 et 221 de type bassin, à l'effluent du compartiment 210, favorisant la photodégradation et la décantation ;
- Le compartiment 211 de type méandres, à l'effluent des compartiments 220 et 221, favorisant le contact avec le substrat, et l'adsorption du polluant au substrat ou aux matières en suspension ;
- 20 - Le compartiment 222 de type bassin, à l'effluent du compartiment 211, favorisant la photodégradation et la décantation.

[0085] De manière similaire à la zone humide artificielle 100, il est possible de définir les volumes des compartiments de la zone humide artificielle 200 de manière à s'assurer que le temps de séjour de l'effluent liquide soit suffisant dans les compartiments favorisant une réaction donnée. Par exemple, si un temps de séjour de 3 jours dans un ou plusieurs compartiments favorisant l'adsorption est désiré, les volumes des compartiments peuvent être définis par exemple tels que :

- le temps de séjour dans le compartiment 210 est de 1 jour, et celui dans le compartiment 211 est de 2 jours ;
- 30 - ou le temps de séjour dans le compartiment 210 est de 1,5 jour, et celui dans le compartiment 211 est de 1,5 jours.

Ainsi, la conception de la zone humide artificielle 200 permet de moduler les temps de séjour, et donc les volumes et les surfaces, des différents compartiments de manière à s'assurer qu'un temps de séjour global dans des compartiments permettant une réaction donnée est respecté, tout en laissant une plus grande flexibilité dans le choix des volumes et surfaces

entre les différents compartiments. Ceci permet d'adapter la conception d'une zone humide artificielle selon l'invention à des facteurs supplémentaires, tels que la taille et la disposition du foncier disponible, ou encore l'intégration dans le paysage.

5 **[0086]** Cette disposition des compartiments est donnée à titre d'exemple, et l'invention est applicable à un grand nombre de dispositions possibles de compartiments, à partir du moment où un ou plusieurs compartiments 120, 220, 221, 222 ayant des hauteurs d'eau moyennes comprises entre 70 et 150 cm sont placés en aval d'un ou plusieurs compartiments 110, 210, 211
10 ayant des hauteurs d'eau moyennes comprises entre 5 et 70 cm. Les considérations évoquées ci-dessus concernant la répartition des volumes, surfaces, et temps de séjour parmi les compartiments favorisant une même réaction peuvent également s'appliquer à toute zone humide artificielle selon l'invention, ce qui permet une flexibilité encore plus grande des
15 dimensionnements de zones humides artificielles selon l'invention.

[0087] L'invention permet ainsi de favoriser les synergies entre processus épuratoires, tout en permettant une grande flexibilité dans la forme et la disposition des compartiments. Ceci permet de définir des zones humides artificielles ayant les capacités épuratoires désirées, tout en adaptant au
20 mieux la disposition des zones humides artificielles au foncier disponible.

[0088] La figure 3 représente un exemple de vue aérienne d'une zone humide artificielle simulée selon l'invention.

[0089] Plus particulièrement, la figure 3 représente un exemple de simulation
25 d'une vue aérienne de la zone humide artificielle 200 selon l'invention représentée de manière schématique en figure 2.

[0090] Dans l'exemple de la figure 3, la zone humide artificielle 200 est située en aval d'une station d'épuration 310. L'effluent liquide de la station d'épuration 310 transite successivement par le compartiment 210 de type
30 roselière ; les compartiments 220 et 221 de type bassin ; le compartiment 221 de type méandre ; le compartiment 222 de type bassin.

[0091] Dans cet exemple, la zone humide artificielle 200 comprend, en sortie du compartiment 222, un dispositif de filtration sur média 330 comprenant au moins deux ouvrages en parallèle pouvant être alimentés en alternance. Le
35 dispositif de filtration sur média 330 permet de retenir les matières en suspension, particules et débris végétaux. Le dispositif de filtration sur media 330 peut également être planté de roseaux, afin de maintenir la perméabilité

du matériau filtrant. Il est cependant à noter que ce dispositif est optionnel, cet exemple n'est pas limitatif et des zones humides artificielles selon l'invention peuvent ne pas comprendre de dispositif de filtration sur média.

5 **[0092]** En sortie du dispositif de filtration sur media 330, l'effluent est complètement traité, et peut être rejeté dans le milieu naturel, par exemple dans une rivière 340.

10 **[0093]** La figure 3 permet ainsi de visualiser de manière plus concrète des exemples de formes de compartiments selon l'invention. Par exemple, la figure 3 montre que le compartiment 210 de type roselière peut avoir un aspect allongé et/ou sinueux, le compartiment 211 de type méandres un aspect très allongé et/ou sinueux, et les compartiments 220, 221 et 222 de type bassins un aspect plus compact.

15 **[0094]** Dans l'exemple de la figure 3, les compartiments 220 et 221 sont équipés de noues 311. De manière plus générale, chaque compartiment d'une zone humide artificielle selon l'invention peut être équipé de noues sur une longueur supérieure ou égale à la moitié de sa largeur maximale. La présence de noues permet d'améliorer la répartition du débit entrant dans le compartiment. Il est cependant à noter que la présence de noues est optionnelle, cet exemple n'est pas limitatif et des zones humides artificielles selon l'invention peuvent ne pas comprendre de noues.

20 **[0095]** Dans cet exemple, les compartiments de type bassin 220, 221 et 222 comprennent chacun une zone à hauts-fonds, respectivement les zones 320, 321 et 322. Les zones à hauts-fonds permettent de favoriser l'émergence de macrophytes dans les compartiments où elles sont présentes, et donc de favoriser la décantation. Les zones à hauts-fonds peuvent également allonger le cheminement hydraulique dans un bassin, et donc augmenter la sédimentation, sans impacter la surface en eau. Un compartiment de type bassin peut également comprendre plusieurs zones à hauts-fonds.

25 **[0096]** Une zone à hauts-fonds peut avoir une pente décroissante de la berge vers le centre du compartiment où elle est implantée, afin de favoriser plus spécifiquement l'émergence de macrophytes à proximité des berges de l'au moins un deuxième compartiment. Il est cependant à noter que la présence de zones à hauts-fonds est optionnelle, cet exemple n'est pas limitatif et des zones humides artificielles selon l'invention peuvent ne pas comprendre de zones à hauts-fonds.

35 **[0097]** La figure 3 représente un exemple de zone humide artificielle selon l'invention, et montre la capacité d'une zone humide artificielle selon

l'invention à s'intégrer dans un cadre naturel donné. Ainsi, une zone humide artificielle selon l'invention permet, en plus d'améliorer le traitement des eaux usées, de favoriser la biodiversité dans l'environnement où elle est implantée. Une zone humide artificielle selon l'invention permet également
 5 une intégration harmonieuse dans les paysages environnant la zone où elle est implantée. Ces points peuvent être favorisés par l'implantation dans la zone humide artificielle d'espèces végétales indigènes de la région où la zone est implantée.

10 **[0098]** La figure 4 représente un exemple de vue aérienne d'un compartiment d'une zone humide artificielle simulée selon l'invention.

[0099] La figure 4 représente une vue aérienne plus détaillée du compartiment 220 de la zone humide artificielle 200.

[00100] Dans l'exemple de la figure 4, les noues 311 sont disposées en
 15 entrée du compartiment 220, afin de favoriser la répartition du débit entrant dans le compartiment 220. La zone de hauts-fonds 320 est située, à l'inverse, vers le centre du compartiment 220.

[00101] La figure 5 représente un premier exemple de méthode
 20 d'aménagement d'une zone humide artificielle selon l'invention.

[00102] La méthode 500 permet la conception et l'aménagement d'une zone humide artificielle d'épuration d'effluents liquides d'au moins un polluant cible.

[00103] La méthode 500 comprend la définition 510 d'au moins un premier
 25 compartiment, ayant une hauteur d'eau moyenne comprise entre 5 et 70 cm. Ledit au moins un compartiment peut par exemple être au moins un des compartiments 110, 210 ou 211.

[00104] La méthode 500 comprend également la définition d'au moins un
 30 deuxième compartiment, ayant une hauteur d'eau moyenne comprise entre 70 et 150 cm. Ledit au moins un deuxième compartiment peut être au moins un des compartiments 120, 220, 221 ou 222.

[00105] La figure 6 représente un deuxième exemple de méthode de
 35 dimensionnement d'une zone humide artificielle selon un ensemble de modes de réalisation de l'invention.

[00106] La figure 6 représente une méthode 600 de définition d'un compartiment selon un ensemble de modes de réalisation de l'invention,

correspondant par exemple à l'une des étapes 510 et 520 de la méthode 500. La méthode 600 peut donc permettre la définition d'un premier ou d'un deuxième compartiment dans un ensemble de modes de réalisation de l'invention. Par exemple, la méthode 600 peut permettre de définir l'un des

5 compartiments 110, 120, 210, 211, 220, 221 ou 222 précédemment évoqués. **[00107]** La méthode 600 comprend une première étape 610 de calcul d'un temps de séjour cible 611 dans le compartiment, en fonction d'un type de réaction 601, et d'un taux d'élimination cible 602. Les temps de séjour permettant un taux d'élimination d'une molécule cible par une réaction

10 peuvent ainsi avoir été déterminés par exemple en étudiant la cinétique de compartiments de zones humides existantes et/ou en étudiant en laboratoire la cinétique de réactions dans de petits bassins expérimentaux. **[00108]** La méthode 600 peut être utilisée pour dimensionner des compartiments pour éliminer plusieurs polluants. Dans ce cas, un temps de

15 séjour cible permettant d'éliminer un polluant donné peut être calculé pour chaque polluant à éliminer. Le temps de séjour cible choisi du compartiment sera alors le temps de séjour cible le plus élevé parmi les temps de séjour cibles pour chaque polluant. Ainsi, le temps de séjour cible finalement sélectionné est au moins égal au temps de séjour cible pour chaque polluant,

20 et le taux d'élimination obtenu pour chaque polluant est au moins égal au taux d'élimination cible de ce polluant. **[00109]** Selon différents modes de réalisation de l'invention, le temps de séjour peut être défini pour un seul compartiment, ou, de manière conjointe, pour plusieurs compartiments. Plus spécifiquement, si un seul compartiment

25 permet de favoriser une réaction donnée, le temps de séjour cible 611 dans le compartiment peut être calculé directement. **[00110]** Si, au contraire, plusieurs compartiments permettent de favoriser la même réaction, un temps de séjour cumulé dans ces compartiments peut d'abord être calculé, correspondant au temps de séjour cumulé de l'effluent

30 dans les compartiments favorisant la réaction. Puis ce temps de séjour cumulé peut être réparti parmi les différents compartiments. Par exemple, dans le cas de la zone humide artificielle 200, un temps de séjour cible cumulé dans les compartiments favorisant l'adsorption peut être calculé pour l'ensemble des compartiments 210 et 211, et ce temps de séjour cumulé

35 réparti entre un temps de séjour dans le compartiment 210, et un temps de séjour dans le compartiment 211.

[00111] La méthode 600 comprend ensuite une étape 620 de calcul du volume 621 du compartiment, à partir du temps de séjour cible 611, et du débit entrant. Le volume du compartiment 621 peut être obtenu directement, en multipliant le temps de séjour cible 611 dans le compartiment par le débit entrant 612.

[00112] Dans un ensemble de modes de réalisation de l'invention, chaque réaction 601 à favoriser est associée à une hauteur moyenne d'eau 622, ou une plage de hauteurs. Par exemple, si la réaction 601 à favoriser est l'adsorption, la hauteur moyenne 622 peut être comprise entre 5 et 70 cm ; si la réaction 601 à favoriser est la photodégradation, la hauteur d'eau moyenne 622 peut être comprise entre 70 et 150 cm.

[00113] La méthode 600 comprend, après l'étape 620 de calcul du volume, une étape 630 de calcul de la surface 631 du compartiment. La surface 631 peut être calculée en divisant le volume 621 du compartiment par la hauteur d'eau moyenne 622 du compartiment.

[00114] Dans un ensemble de modes de réalisation de l'invention, chaque réaction 601 à favoriser est associée à un ratio périmètre/surface 622, ou une plage de ratios. Par exemple, un compartiment destiné à favoriser la pousse des végétaux et l'adsorption aux végétaux peut avoir un périmètre en mètres linéaires compris entre un dixième et un sixième de sa surface en mètres carrés ; un compartiment destiné à favoriser l'adsorption au substrat ou aux matières en suspension peut avoir un périmètre en mètres linéaires compris entre 5% et 55% de sa surface en mètres carrés ; un compartiment destiné à favoriser la photodégradation peut avoir un périmètre en mètres linéaires inférieur ou égal à un quart de sa surface en mètres carrés.

[00115] La méthode 600 comprend, après l'étape 630 de calcul de la surface 631, une étape 640 de calcul du périmètre 641 du compartiment. Le périmètre 641 être calculé en multipliant la surface 631 du compartiment par le ratio périmètre/surface 632 du compartiment.

[00116] La méthode 600 permet de calculer des dimensions d'un compartiment d'une zone humide artificielle selon l'invention afin de s'assurer qu'une réaction donnée est favorisée, et qu'un rendement cible sera obtenu. La méthode 600 offre cependant une certaine latitude pour déterminer les dimensions et la forme du compartiment, afin de s'adapter à d'autres contraintes ou objectifs, telles que le foncier disponible, ou l'insertion de la zone humide artificielle dans le paysage.

[00117] Par exemple, dans un mode de réalisation où une plage de hauteurs moyennes 622 est disponible, l'étape 630 de calcul de la surface peut comprendre une sous étape de sélection d'une hauteur moyenne 622 afin d'obtenir une surface plus ou moins importante, afin de s'adapter à la surface de foncier disponible pour le compartiment. De manière similaire, l'étape 630
5 peut consister à calculer, à partir d'une plage de hauteurs moyennes possibles, et du volume 621 du compartiment, une surface minimum du compartiment, et une surface maximum du compartiment, puis à sélectionner la surface 631 la plus adaptée selon des critères tels que la surface de foncier disponible. La hauteur moyenne 622 du compartiment peut alors être
10 déduite directement de la surface 631 du compartiment et du volume 621 du compartiment. Il est également possible de choisir systématiquement la hauteur maximale parmi une plage de hauteurs possibles, afin d'avoir la surface 631 du compartiment aussi petite que possible, et limiter l'emprise au
15 sol du compartiment.

[00118] Dans un ensemble de modes de réalisation, les différentes hauteurs moyennes 622 sont associées à différents rendements de la réaction. Ces rendements peuvent être obtenus, pour les différentes hauteurs, par exemple par le biais de relations déterminées expérimentalement entre l'efficacité de la réaction en fonction et la hauteur moyenne du compartiment, par exemple
20 d'abaques indiquant l'efficacité de la réaction en fonction de la hauteur moyenne du compartiment. Ces abaques, ou de manière générale relations entre la hauteur moyenne 622 et rendement de la réaction peuvent être déterminées à partir de tests de réaction en laboratoire. L'étape 630 peut alors consister, dans un premier temps, à sélectionner la hauteur
25 correspondant au rendement de la réaction. Une fois la surface 631 du compartiment déterminée, un certain nombre de contraintes ou d'objectifs secondaires peuvent être validés. Par exemple, la méthode 600 peut comprendre une vérification que la surface 631 du compartiment est
30 suffisamment petite pour s'adapter au foncier disponible, permet une bonne intégration paysagère, etc... De nombreux critères relatifs à l'intégration du compartiment dans son environnement peuvent être pris en compte à ce stade. Si un ou plusieurs de ces critères n'est pas rempli, la méthode 600 peut comprendre un retour à l'étape 630 de calcul de la surface, avec la
35 sélection d'une nouvelle hauteur moyenne 622 permettant de tenir le ou les critères relatifs à l'intégration du compartiment dans son environnement, en conservant un rendement aussi bon que possible. Plusieurs itérations

peuvent être effectuées, permettant de s'assurer que les critères d'intégration du compartiment dans son environnement sont pris en compte, tout en favorisant un rendement épuratoire aussi élevé que possible.

[00119] De la même manière, l'étape 640 de calcul du périmètre peut
5 comprendre la sélection d'un ratio périmètre/surface 632 parmi une plage de ratios possibles, afin d'avoir un compartiment plus ou moins allongé. La forme du compartiment peut également être déterminée, afin de s'adapter au foncier disponible, et/ou de favoriser l'intégration dans un paysage, et/ou de faciliter l'entretien de la zone humide artificielle. Par exemple, un
10 compartiment ayant un ratio périmètre/surface 632 élevé (et donc une forme très allongée), peut être disposé en longueur, mais aussi en formant des méandres afin de limiter l'emprise au sol du compartiment. C'est le cas par exemple du compartiment 211 représenté en figure 3. Une fois les dimensions des compartiments déterminées, les compartiments peuvent
15 également être agencés les uns par rapport aux autres afin d'obtenir une zone humide artificielle aussi compacte que possible, comme représenté en figure 3.

[00120] Dans un ensemble de modes de réalisation, les ratios périmètre/surface 632 sont associés à différents rendements de la réaction.
20 Ces rendements peuvent être obtenus, pour les différents ratios périmètre/surface, par exemple par le biais de relations déterminées expérimentalement entre le rendement de la réaction et le ratio périmètre/surface du compartiment, par exemple d'abaques indiquant le rendement de la réaction en fonction du ratio périmètre/surface du
25 compartiment. Ces abaques, ou de manière générale relations entre le ratio périmètre/surface 632 et le rendement de la réaction peuvent être déterminés à partir de tests de réaction en laboratoire. L'étape 640 peut alors consister, dans un premier temps, à sélectionner le ratio périmètre/surface correspondant à un rendement optimal de la réaction. Une fois le périmètre
30 641 du compartiment déterminé, un certain nombre de contraintes ou d'objectifs secondaires peuvent être validés. Par exemple, la méthode 600 peut comprendre une vérification que le périmètre 641 du compartiment permet de s'adapter au foncier disponible, permet une bonne intégration paysagère, etc... De nombreux critères relatifs à l'intégration du compartiment
35 dans son environnement peuvent être pris en compte à ce stade. Si un ou plusieurs de ces critères n'est pas rempli, la méthode 600 peut comprendre un retour à l'étape 640 de calcul du périmètre, avec la sélection d'une

nouvelle hauteur moyenne 622 permettant de tenir le ou les critères relatifs à l'intégration du compartiment dans son environnement. Plusieurs itérations peuvent être effectuées, permettant de s'assurer que les critères d'intégration du compartiment dans son environnement sont pris en compte, tout en favorisant un rendement épuratoire aussi élevé que possible. Si la surface 631 du compartiment ne permet d'obtenir un périmètre satisfaisant, la méthode 600 peut également comprendre un retour à l'étape 630 de calcul de la surface, afin de sélectionner une hauteur moyenne 622 permettant de calculer une surface 631, et un périmètre 641 du compartiment adaptés à l'intégration du compartiment dans son environnement.

[00121] La méthode 600 permet ainsi de déterminer les dimensions de compartiments d'une zone humide artificielle selon l'invention permettant de favoriser les réactions voulues, et d'obtenir un rendement cible de l'épuration. La méthode 600 permet également d'optimiser autant que possible le rendement épuratoire, tout en validant des contraintes d'intégration des compartiments dans leur environnement.

[00122] Afin de rendre le processus de dimensionnement d'une zone humide artificielle selon l'invention plus concret, deux exemples sont fournis ci-dessous, respectivement pour l'élimination de la ciprofloxacine et de l'ibuprofène.

EXEMPLE DE DIMENSIONNEMENT 1

[00123] Le premier exemple porte sur le dimensionnement d'une zone humide artificielle pour l'élimination de la ciprofloxacine.

[00124] La ciprofloxacine peut être éliminée par une zone humide artificielle selon l'invention comportant deux compartiments, favorisant respectivement les réactions suivantes :

- Dans le premier compartiment :
 - o Adsorption sur le substrat ;
 - o Adsorption sur les matières en suspension ;
 - o De manière optionnelle, absorption par les plantes :
- Dans le deuxième compartiment :
 - o Décantation des matières en suspension sur lesquelles se sont adsorbées les molécules de ciprofloxacine dans le premier compartiment ;

- Photodégradation.

[00125] Sur la base d'une combinaison de tests préalablement effectués par le déposant, un taux cible d'élimination de 70% de la ciprofloxacine peut être atteint, si les dimensions des premier et deuxième compartiments permettent de favoriser les réactions citées ci-dessus, et si le temps de séjour dans les compartiments sont :

- Au moins 1 jour dans le premier compartiment ;
- Au moins 2 jours dans le deuxième compartiment.

[00126] La zone humide artificielle à dimensionner doit être située à l'aval d'une STation d'EPuration (abrégée ci-dessous STEP) de 3200 Equivalent Homme (abrégé ci-dessous EH), ce qui correspond pour une région donnée à un débit d'effluent de $480 \text{ m}^3 / \text{j}$. La consommation d'eau peut varier de manière importante selon les régions et pays. Ainsi, un nombre d'habitants dans une communauté urbaine peut correspondre, selon les régions/pays, à un débit d'effluents différent

[00127] Le premier compartiment peut alors être dimensionné de la manière suivante :

- Calcul du volume (étape 620) :
 - Le temps de séjour cible 621 est de 1 jour minimum, le débit entrant 612 $480 \text{ m}^3 / \text{j}$;
 - Le volume 621 du compartiment est donc égal à $480 \times 1 = 480 \text{ m}^3$;
- Calcul de la surface (étape 630) :
 - Afin de favoriser le contact du micropolluant visé avec le sol, et éventuellement les plantes, et favoriser ainsi l'adsorption du micropolluant, le premier compartiment doit avoir une hauteur moyenne 622 faible, comprise dans une plage entre 0,05 et 0,5 m. Une hauteur moyenne 622 de 0,2 m, correspondant à un rendement optimal de l'adsorption est sélectionné ;
 - La surface 631 du compartiment est alors obtenue en divisant le volume 621 par la hauteur moyenne 622 du compartiment : la surface 631 du compartiment est égale à : $480 / 0,2 = 2400 \text{ m}^2$. Cette surface permet une intégration dans le foncier disponible ;
- Calcul du périmètre (étape 640) :
 - Afin de favoriser l'adsorption et la pousse des végétaux, et d'allonger le cheminement hydraulique, le ratio 632 mètre

linéaires de berges / surface du compartiment est choisi dans une plage comprise entre $1/10^e$ et $1/6^e$. Un ratio de $0,15 \text{ m/m}^2$ (mètres linéaires par mètres carrés) est sélectionné ;

- Le périmètre du compartiment est calculé en multipliant le ratio 632 par la surface 631 : le périmètre 641 est égal à $2400 \times 0,15 = 360 \text{ m}$ (mètres linéaires). Ce périmètre permet une intégration dans le foncier disponible.

Le dimensionnement permet donc de définir un premier compartiment ayant les dimensions suivantes :

- Volume : 480 m^3 ;
- Surface : 2400 m^2 ;
- Périmètre : 360 m ;

[00128] Le deuxième compartiment peut être dimensionné de la manière suivante :

- Calcul du volume (étape 620) :
 - Le temps de séjour cible 621 est de 2 jours minimum, le débit entrant 612 $480 \text{ m}^3 / \text{j}$;
 - Le volume 621 du compartiment est donc égal à $480 \times 2 = 960 \text{ m}^3$;
- Calcul de la surface (étape 630) :
 - Afin de favoriser la photodégradation, le deuxième compartiment doit avoir une hauteur minimum suffisamment importante pour éviter la pousse de végétaux qui empêcheraient les photons de pénétrer le compartiment, et une hauteur maximale suffisamment faible pour que la photodégradation ait lieu sur l'ensemble du compartiment. La plage de hauteurs moyennes 622 possibles est comprise entre $0,7$ et $1,5 \text{ m}$. Une hauteur moyenne 622 de $0,8 \text{ m}$ est sélectionnée. La hauteur de $0,8 \text{ m}$ correspond, selon les données expérimentales recueillies par le déposant, au meilleur compromis entre temps de séjour et pénétration de la lumière pour favoriser la dégradation des molécules photosensibles. Dans d'autres modes de réalisation de l'invention, une boucle d'itérations est effectuée sur les valeurs de la hauteur, et les valeurs correspondantes de surface. Ceci permet de sélectionner un hauteur associée à une surface adaptée au foncier disponible ;

- La surface 631 du compartiment est alors obtenue en divisant le volume 621 par la hauteur moyenne 622 du compartiment : la surface 631 du compartiment est égale à : $960 / 0,8 = 1200 \text{ m}^2$;
- 5 - Calcul du périmètre (étape 640) :
 - Afin de favoriser la sédimentation, le ratio 632 mètre linéaires de berges / surface du compartiment est choisi dans une plage comprise entre 0,15 et 0,25. Un ratio de $0,2 \text{ m/m}^2$ (mètres linéaires par mètres carrés) est sélectionné, ce ratio
 - 10 correspondant, selon les données expérimentales recueillies par le déposant, au meilleur compromis entre cheminement hydraulique et surface d'exposition à la lumière pour favoriser la dégradation des molécules photosensibles ;
 - Le périmètre du compartiment est calculé en multipliant le ratio
 - 15 632 par la surface 631 : le périmètre 641 est égal à $1200 \times 0,2 = 240 \text{ m}$ / (mètres linéaires).

Le dimensionnement permet donc de définir un deuxième compartiment ayant les dimensions suivantes :

- Volume : 960 m^3 ;
- 20 - Surface : 1200 m^2 ;
- Périmètre : 240 m .

[00129] La méthode 600 permet, de manière générale, de définir des zones humides ayant des dimensions permettant de favoriser certaines réactions, et obtenir des taux d'élimination cibles de polluants. Certaines dimensions

25 peuvent être choisies parmi une plage. Dans un ensemble de modes de réalisations de l'invention, un ensemble d'objectifs secondaires peuvent être atteints. Ces objectifs peuvent être par exemple une intégration dans un paysage donné ou une adaptation au foncier disponible. La méthode 600 peut comprendre, pour tenir ces objectifs, des itérations. Par exemple, si la

30 surface 631 est trop importante pour le foncier disponible, la méthode 600 peut comprendre un retour à l'étape 630 de calcul de la surface, au cours de laquelle une hauteur plus grande sera sélectionnée, afin de réduire la surface 631 du compartiment. De la même manière, si le périmètre 641 du compartiment est trop petit ou trop long pour s'adapter au foncier disponible,

35 la méthode 600 peut comprendre un retour à l'étape 640 de calcul du périmètre, au cours de laquelle un ratio périmètre/surface 632 plus ou moins important sera sélectionné, afin d'obtenir le périmètre voulu.

[00130] Dans un ensemble de modes de réalisation de l'invention, la méthode 600 peut comprendre la sélection de la hauteur ou du ratio périmètre/surface permettant de favoriser le plus possible la réaction voulue puis, tant que la surface et/ou le périmètre du compartiment ne permettent pas de s'adapter au foncier disponible, des itérations de sélection d'une

5 surface et/ou d'un ratio périmètre surface permettant de mieux s'adapter au foncier disponible.

[00131] D'autres paramètres de forme peuvent être ajustés. Par exemple, les points d'entrée et sortie des compartiments peuvent être positionnés de

10 manière à maximiser le cheminement hydraulique.

EXEMPLE DE DIMENSIONNEMENT 2

15 **[00132]** Le deuxième exemple porte sur le dimensionnement d'une zone humide artificielle pour l'élimination de l'ibuprofène.

[00133] L'ibuprofène peut être éliminé par une zone humide artificielle selon l'invention comportant quatre compartiments, favorisant respectivement les réactions suivantes :

20 - Premier et troisième compartiment :

- Biodégradation via microorganismes sur le substrat ;
- De manière optionnelle, adsorption sur les matières en suspension ;
- De manière optionnelle, absorption par les plantes ;

25 - Deuxième et quatrième compartiment :

- Biodégradation via biomasse libre ;
- De manière optionnelle, décantation des matières en suspension sur lesquelles se sont adsorbées les molécules d'ibuprofène dans le premier compartiment ;
- Photodégradation.

30 **[00134]** Sur la base d'une combinaison de tests préalablement effectués par le déposant, un taux cible d'élimination de 50% de l'ibuprofène peut être atteint, si les dimensions des premier et deuxième compartiments permettent de favoriser les réactions citées ci-dessus, et si le temps de séjour dans les

35 compartiments sont :

- Au moins 1 jour dans le premier compartiment ;
- Au moins 2 jours dans le deuxième compartiment ;

- Au moins 2 jours dans le troisième compartiment ;
- Au moins 2 jours dans le quatrième compartiment.

[00135] La zone humide artificielle à dimensionner doit être située à l'aval d'une STation d'EPuration (abrégée ci-dessous STEP) de 3200 Equivalent Homme (abrégé ci-dessous EH), ce qui correspond à un débit d'effluent de 480 m³ / j. Comme évoqué précédemment, le ratio de conversion entre nombre d'habitants et débit peut être variable selon les pays ou régions.

[00136] Le premier compartiment peut alors être dimensionné de la manière suivante :

- 10 - Calcul du volume (étape 620) :
 - o Le temps de séjour cible 621 est de 1 jour minimum, le débit entrant 612 480 m³ / j ;
 - o Le volume 621 du compartiment est donc égal à 480 x 1 = 480 m³ ;
- 15 - Calcul de la surface (étape 630) :
 - o Afin de favoriser le contact du micropolluant visé avec le sol, et éventuellement les plantes, et favoriser ainsi la biodégradation via microorganismes sur substrat, le premier compartiment doit avoir une hauteur moyenne 622 faible, comprise dans une plage entre 0,05 et 0,5 m. Une hauteur moyenne 622 de 0,2 m est sélectionnée, cette hauteur correspondant, selon les données expérimentales recueillies par le déposant, au meilleur compromis entre biodégradation et pousse des végétaux ;
 - o La surface 631 du compartiment est alors obtenue en divisant le volume 621 par la hauteur moyenne 622 du compartiment : la surface 631 du compartiment est égale à : 480 / 0,2 = 2400 m² ;
- 20 - Calcul du périmètre (étape 640) :
 - o Afin de favoriser l'adsorption et la pousse des végétaux, le ratio 632 mètre linéaires de berges / surface du compartiment est choisi dans une plage comprise entre 1/10^e et 1/6^e. Un ratio de 0,15 m//m² (mètres linéaires par mètres carrés) est sélectionné, ce ratio correspondant, selon les données expérimentales recueillies par le déposant, au meilleur compromis entre allongement du cheminement hydraulique et augmentation de la surface de contact entre l'eau, le substrat et les végétaux ;

- Le périmètre du compartiment est calculé en multipliant le ratio 632 par la surface 631 : le périmètre 641 est égal à $2400 \times 0,15 = 360$ m/ (mètres linéaires).

Le dimensionnement permet donc de définir un premier compartiment ayant

5 les dimensions suivantes :

- Volume : 480 m^3 ;
- Surface : 2400 m^2 ;
- Périmètre : 360 m/ .

10 **[00137]** Le deuxième compartiment peut être dimensionné de la manière suivante :

- Calcul du volume (étape 620) :

- Le temps de séjour cible 621 est de 2 jours minimum, le débit entrant 612 $480 \text{ m}^3 / \text{j}$;
- Le volume 621 du compartiment est donc égal à $480 \times 2 = 960$ m^3 ;

15

- Calcul de la surface (étape 630) :

- Afin de favoriser la décantation et dégradation sur biomasse libre, la plage de hauteurs moyennes 622 possibles est comprise entre 0,7 et 1,5 m. Une hauteur moyenne 622 de 0,8 m est sélectionnée, cette hauteur correspondant, selon les données expérimentales recueillies par le déposant, au meilleur compromis entre la hauteur maximale favorisant la biodégradation par oxygénation et pénétration de la lumière, et la hauteur minimale assurant un temps de séjour minimum;

20

- La surface 631 du compartiment est alors obtenue en divisant le volume 621 par la hauteur moyenne 622 du compartiment : la surface 631 du compartiment est égale à : $960 / 0,8 = 1200$ m^2 ;

25

- Calcul du périmètre (étape 640) :

- Afin de favoriser la sédimentation, le ratio 632 mètre linéaires de berges / surface du compartiment est choisi dans une plage comprise entre 0,15 et 0,25. Un ratio de $0,2 \text{ m} // \text{m}^2$ (mètres linéaires par mètres carrés) est sélectionné, ce ratio correspondant, selon les données expérimentales recueillies par le déposant, au meilleur compromis entre allongement du cheminement hydraulique et garantie d'un temps de séjour au moins égale au temps de séjour minimum;

30

35

- Le périmètre du compartiment est calculé en multipliant le ratio 632 par la surface 631 : le périmètre 641 est égal à $1200 \times 0,2 = 240 \text{ m}$ (mètres linéaires).

Le dimensionnement permet donc de définir un deuxième compartiment
5 ayant les dimensions suivantes :

- Volume : 960 m^3 ;
- Surface : 1200 m^2 ;
- Périmètre : 240 m .

10 **[00138]** Le troisième compartiment peut alors être dimensionné de la manière suivante :

- Calcul du volume (étape 620) :
 - Le temps de séjour cible 621 est de 2 jours minimum, le débit entrant 612 $480 \text{ m}^3 / \text{j}$;
 - Le volume 621 du compartiment est donc égal à $480 \times 2 = 960 \text{ m}^3$;

15

- Calcul de la surface (étape 630) :
 - Afin de favoriser le contact du micropolluant visé avec le sol, et éventuellement les plantes, et favoriser ainsi la biodégradation via microorganismes sur substrat, le troisième compartiment doit avoir une hauteur moyenne 622 faible, comprise dans une plage entre 0,05 et 0,5 m. Une hauteur moyenne 622 de 0,5 m est sélectionnée, cette hauteur correspondant, selon les données expérimentales recueillies par le déposant, au meilleur compromis entre allongement du cheminement hydraulique et ralentissement de la vitesse de l'écoulement ;
 - La surface 631 du compartiment est alors obtenue en divisant le volume 621 par la hauteur moyenne 622 du compartiment : la surface 631 du compartiment est égale à : $960 / 0,5 = 1920 \text{ m}^2$;

20

25

- 30 - Calcul du périmètre (étape 640) :
 - Afin de favoriser un contact important avec le substrat, le ratio 632 mètre linéaires de berges / surface du compartiment est choisi dans une plage comprise entre 0,05 et 0,55. Un ratio de $0,5 \text{ m}/\text{m}^2$ (mètres linéaires par mètres carrés) est sélectionné, ce ratio correspondant, selon les données expérimentales recueillies par le déposant, au meilleur compromis entre

35

allongement du cheminement hydraulique et garantie d'un temps de séjour minimum ;

- Le périmètre du compartiment est calculé en multipliant le ratio 632 par la surface 631 : le périmètre 641 est égal à $1200 \times 0,5 = 960$ m/ (mètres linéaires).

5

Le dimensionnement permet donc de définir un troisième compartiment ayant les dimensions suivantes :

- Volume : 960 m^3 ;
- Surface : 1920 m^2 ;
- Périmètre : 960 m/ .

10

[00139] Le quatrième compartiment peut être dimensionné de la manière suivante :

- Calcul du volume (étape 620) :
 - Le temps de séjour cible 621 est de 2 jours minimum, le débit entrant 612 $480 \text{ m}^3 / \text{j}$;
 - Le volume 621 du compartiment est donc égal à $480 \times 2 = 960 \text{ m}^3$;

15

- Calcul de la surface (étape 630) :
 - Afin de favoriser la décantation et dégradation sur biomasse libre, la plage de hauteurs moyennes 622 possibles est comprise entre 0,7 et 1,5 m. Une hauteur moyenne 622 de 0,8 m est sélectionnée, cette hauteur correspondant, selon les données expérimentales recueillies par le déposant, au meilleur compromis entre la hauteur maximale favorisant la biodégradation par oxygénation et pénétration de la lumière, et la hauteur minimale assurant un temps de séjour minimum ;

20

25

- La surface 631 du compartiment est alors obtenue en divisant le volume 621 par la hauteur moyenne 622 du compartiment : la surface 631 du compartiment est égale à : $960 / 0,8 = 1200 \text{ m}^2$;

30

- Calcul du périmètre (étape 640) :
 - Afin de favoriser la sédimentation, le ratio 632 mètre linéaires de berges / surface du compartiment est choisi dans une plage comprise entre 0,15 et 0,25. Un ratio de $0,1 \text{ m/m}^2$ (mètres linéaires par mètres carrés) est sélectionné, ce ratio correspondant, selon les données expérimentales recueillies par le déposant, au meilleur compromis entre allongement du

35

- cheminement hydraulique et garantie d'un temps de séjour minimum. Il permet également de limiter la prolifération des végétaux sur l'ensemble du compartiment, favoriser une bonne pénétration de la lumière, optimiser le volume de stockage pour gérer le temps de séjour minimum, et optimiser la pente des fonds de compartiments ;
- 5
- Le périmètre du compartiment est calculé en multipliant le ratio 632 par la surface 631 : le périmètre 641 est égal à $1200 \times 0,17 = 204$ m/ (mètres linéaires).
- 10 Le dimensionnement permet donc de définir un quatrième compartiment ayant les dimensions suivantes :
- Volume : 960 m^3 ;
 - Surface : 1200 m^2 ;
 - Périmètre : 204 m/ .
- 15 **[00140]** Une fois ces dimensions déterminées, les formes des compartiments peuvent être définies en fonction d'objectifs supplémentaires. Par exemple, les points d'entrée et sortie des compartiments peuvent être positionnés de manière à maximiser le cheminement hydraulique.
- 20 **[00141]** Les exemples ci-dessus démontrent la capacité des zones humides selon l'invention à traiter des polluants, tout en ayant une emprise au sol limitée. Ils ne sont cependant donnés qu'à titre d'exemple et ne limitent en aucun cas la portée de l'invention, définie dans les revendications ci-dessous.
- 25

REVENDEICATIONS

1. Zone humide artificielle d'épuration d'effluents liquides d'au moins un polluant cible, ladite zone humide artificielle comprenant au moins un premier compartiment étiré en longueur, ou formant des méandres (110, 211) et un deuxième compartiment formant un bassin (120, 220, 221, 222) alimenté par un effluent dudit premier compartiment, ladite zone humide artificielle étant caractérisée en ce que :
 - ledit au moins un premier compartiment a un périmètre en mètres linéaires supérieur ou égal à 5% de sa surface en mètres carrés, inférieur ou égal à 55% de sa surface en mètres carrés, de préférence égal à la moitié de sa surface en mètres carrés ;
 - ledit au moins un premier compartiment a une hauteur d'eau moyenne comprise entre 10 et 70 cm, et de préférence égale à 50 cm ;
 - ledit au moins un deuxième compartiment a un périmètre en mètres linéaires inférieur ou égal à un quart de sa surface en mètres carrés, et de préférence égal à 17% de sa surface en mètres carrés ;
 - ledit au moins un deuxième compartiment a une hauteur d'eau moyenne comprise entre 70 et 150 cm.

2. Zone humide artificielle selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un compartiment additionnel, et :
 - ledit au moins un compartiment additionnel a un périmètre en mètres linéaires supérieur ou égal à un dixième de sa surface en mètres carrés, inférieur ou égal à un sixième de sa surface en mètres carrés, et de préférence égal à 15% de sa surface en mètres carrés ;
 - ledit au moins un compartiment additionnel a une hauteur d'eau moyenne comprise entre 10 et 50 cm, et de préférence égale à 20 cm.

3. Zone humide artificielle selon la revendication 2, caractérisée en ce que le volume du compartiment additionnel est choisi pour permettre un temps de séjour des effluents liquides dans le ledit au moins un premier compartiment compris entre 0,5 et 3 jours en fonction d'un débit entrant dudit au moins un premier compartiment.

4. Zone humide artificielle selon la revendication 1, caractérisée en ce que le volume de l'au moins un premier compartiment est configuré pour permettre un temps de séjour des effluents liquides dans le ledit au moins un premier compartiment est compris entre 1 et 2 jours, en fonction d'un débit entrant dudit au moins un premier compartiment.
5. Zone humide artificielle selon la revendication 1, caractérisée en ce que le volume dudit au moins un deuxième compartiment est configuré pour permettre un temps de séjour des effluents liquides dans le ledit au moins un deuxième compartiment compris entre 1 et 5 jours en fonction d'un débit entrant dudit au moins un premier compartiment.
6. Zone humide artificielle selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que l'un au moins desdits au moins un premier compartiment et au moins un deuxième compartiment est équipé de noues sur une longueur supérieure ou égale à la moitié de sa largeur maximale.
7. Zone humide artificielle selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que ledit au moins un deuxième compartiment comprend au moins une zone à hauts-fonds.
8. Zone humide artificielle selon la revendication 7, caractérisée en ce que ladite au moins une zone à hauts-fonds a une largeur décroissante de la berge vers le centre dudit au moins un deuxième compartiment.
9. Zone humide artificielle selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisée en ce qu'elle est connectée en sortie à un dispositif de filtration sur média (330) comprenant au moins deux ouvrages en parallèle pouvant être alimentés en alternance.
10. Zone humide artificielle selon la revendication 9, caractérisée en ce que ledit dispositif de filtration est planté de roseaux.
11. Méthode (500) d'aménagement d'une zone humide artificielle d'épuration d'effluents liquides d'au moins un polluant cible, ladite méthode comprenant :
 - la définition (510) d'au moins un premier compartiment étiré en longueur, ou formant des méandres, ayant :
 - o un périmètre en mètres linéaires supérieur ou égal à 5% de sa surface en mètres carrés, inférieur ou égal à 55% de sa surface

en mètres carrés, de préférence égal à la moitié de sa surface en mètres carrés ;

- une hauteur d'eau moyenne comprise entre 5 et 70 cm ;
- hauteur d'eau moyenne comprise entre 10 et 70 cm ;
- la définition (520) d'au moins deuxième compartiment formant un bassin alimenté par un effluent dudit premier compartiment, ayant :
 - un périmètre en mètres linéaires inférieur ou égal à un quart de sa surface en mètres carrés, et de préférence égal à 17% de sa surface en mètres carrés ;
 - une hauteur d'eau moyenne comprise entre 70 et 150 cm.

12. Méthode d'aménagement selon la revendication 11, comprenant, pour au moins un compartiment :

- une définition (610) d'un temps de séjour (611) dans ledit au moins un compartiment, en fonction d'au moins un type de réaction (601) devant avoir lieu dans l'au moins un compartiment, et d'un taux d'élimination cible (602) de l'au moins un polluant cible ;
- un calcul (620) d'un volume (621) de l'au moins un compartiment en fonction dudit temps de séjour (611), et d'un débit entrant (612) d'effluents dans ledit au moins un compartiment ;
- un calcul (620) d'une surface de l'au moins un compartiment (631) en fonction dudit volume (621), et d'une hauteur d'eau moyenne (622) de l'au moins un compartiment choisie en fonction de l'au moins un type de réaction (601) ;
- un calcul (640) d'un périmètre (641) de l'au moins un compartiment en fonction de ladite surface (631), et d'un ratio (632) entre le périmètre (641) en mètres linéaires de l'au moins un compartiment, et la surface (631) de l'au moins un compartiment, ledit ratio (632) étant choisi en fonction de l'au moins un type de réaction (601).

13. Méthode d'épuration d'effluents liquides d'au moins un polluant cible par une zone humide artificielle, ladite méthode comprenant successivement :

- le traitement des effluents par au moins un premier compartiment (110, 211) de la zone humide artificielle étiré en longueur, ou formant des méandres, ledit au moins un premier compartiment ayant :
 - un périmètre en mètres linéaires supérieur ou égal à 5% de sa surface en mètres carrés, inférieur ou égal à 55% de sa surface

en mètres carrés, de préférence égal à la moitié de sa surface en mètres carrés ;

- une hauteur d'eau moyenne comprise entre 5 et 70 cm ;
- le traitement des effluents par au moins un deuxième compartiment (120, 220, 221, 222) de la zone humide artificielle formant un bassin, ledit au moins un deuxième compartiment ayant :
 - un périmètre en mètres linéaires inférieur ou égal à un quart de sa surface en mètres carrés, et de préférence égal à 17% de sa surface en mètres carrés
 - une hauteur d'eau moyenne comprise entre 70 et 150 cm.

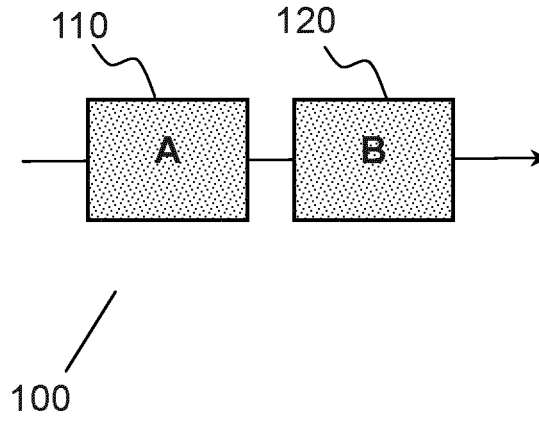


FIG.1

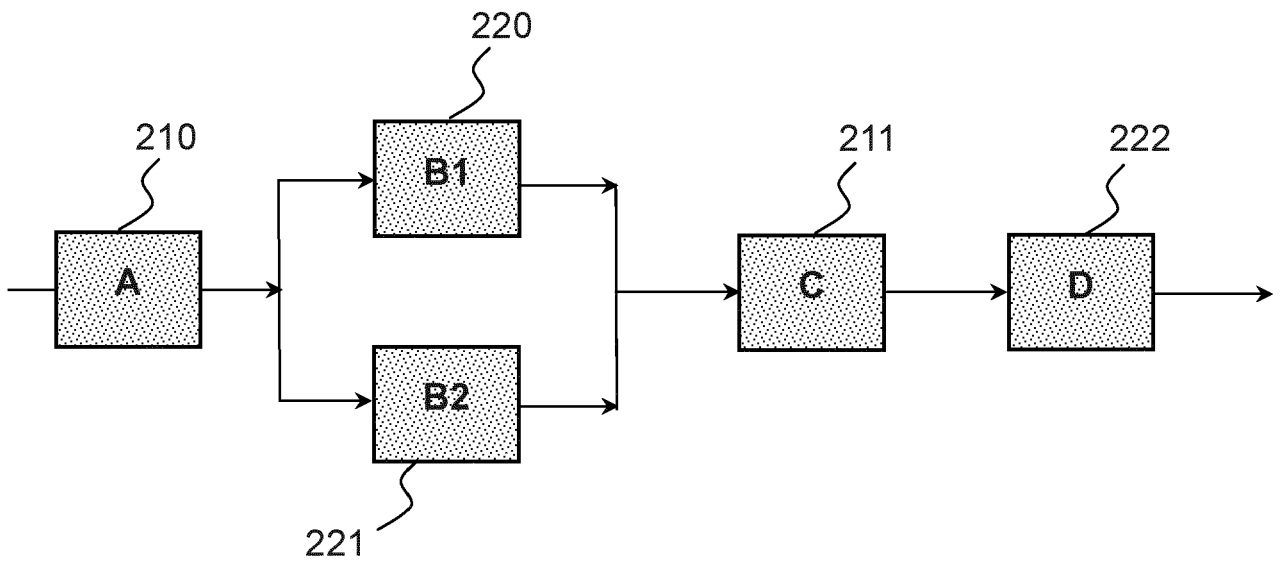


FIG.2

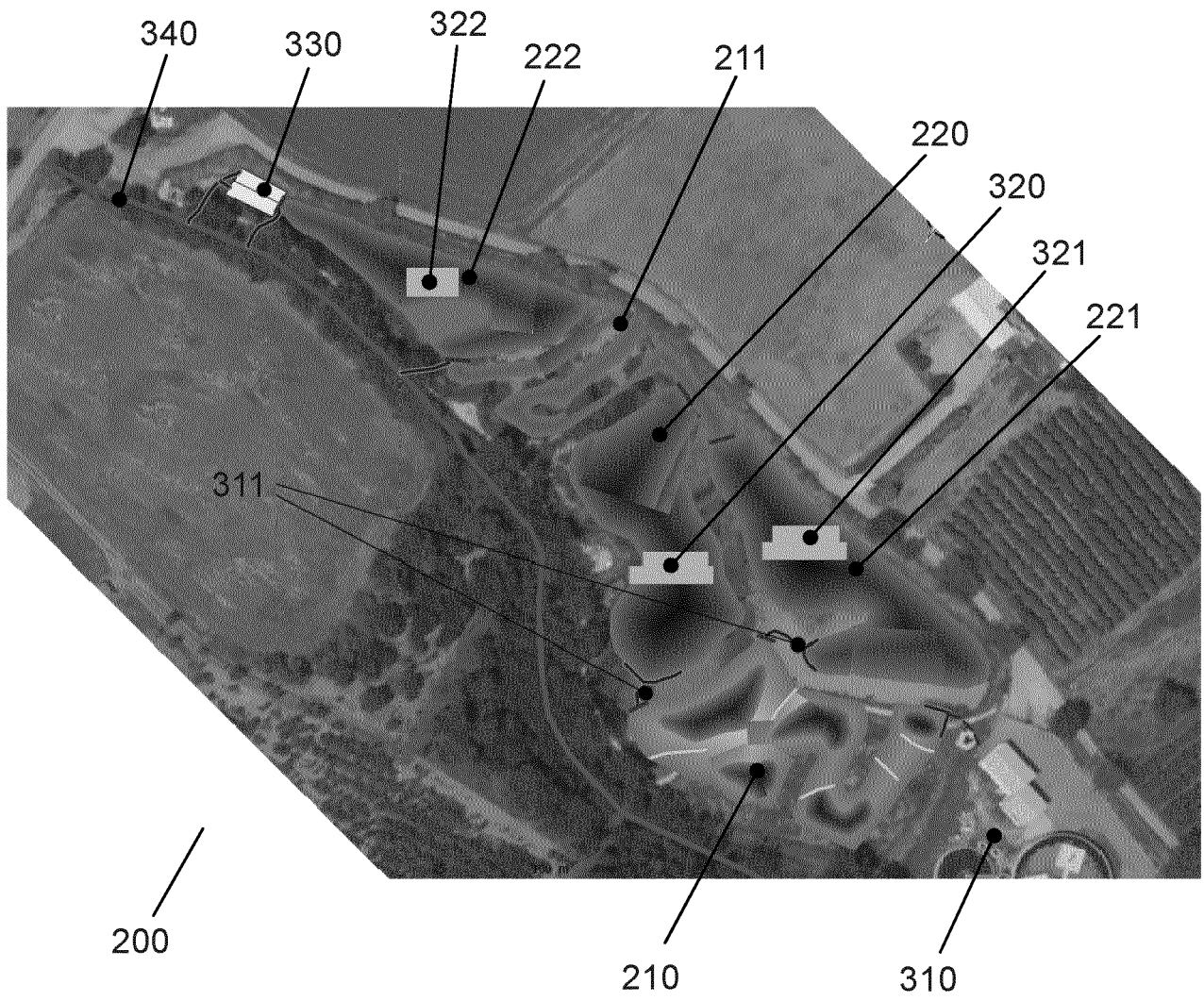


FIG.3

3/4

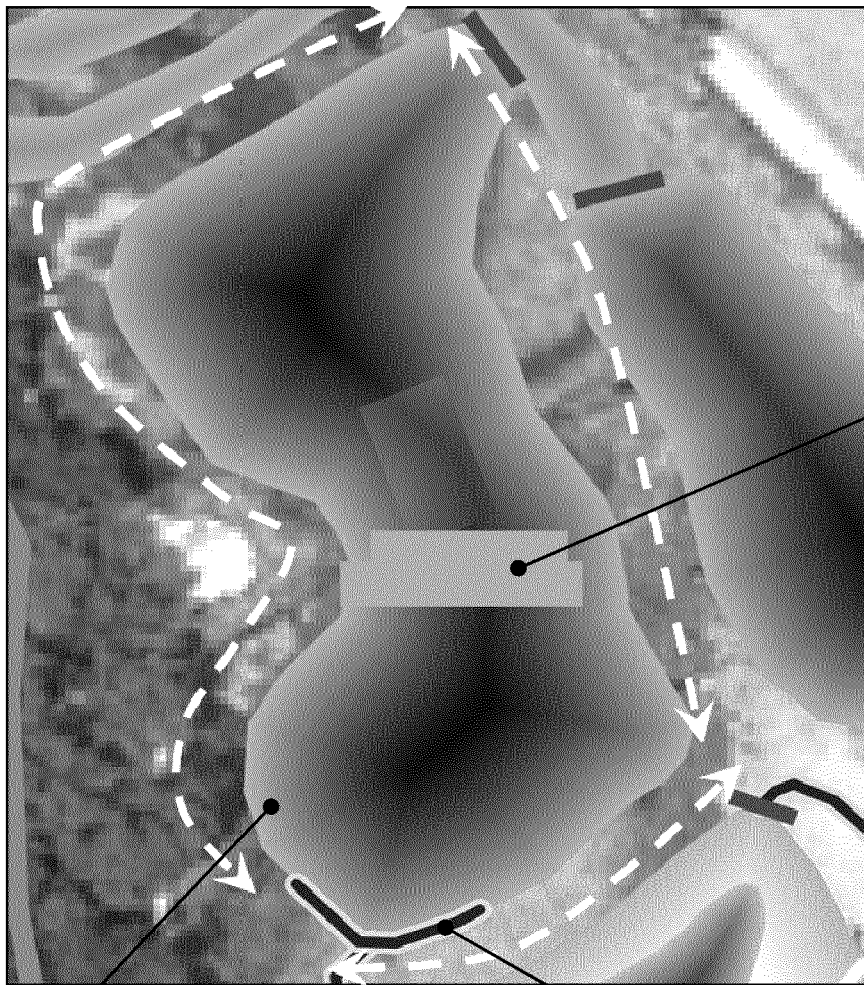


FIG. 4

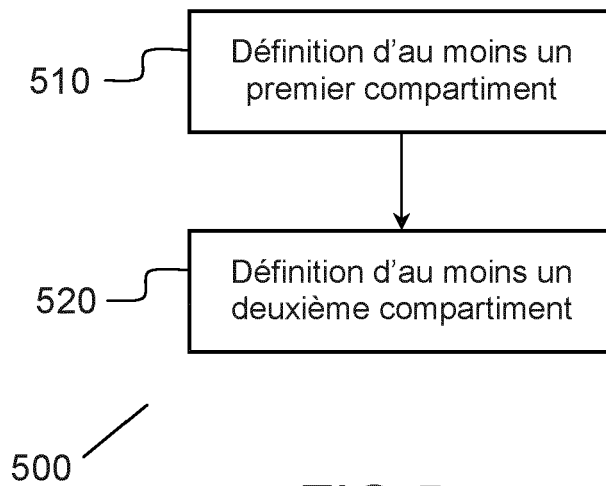


FIG. 5

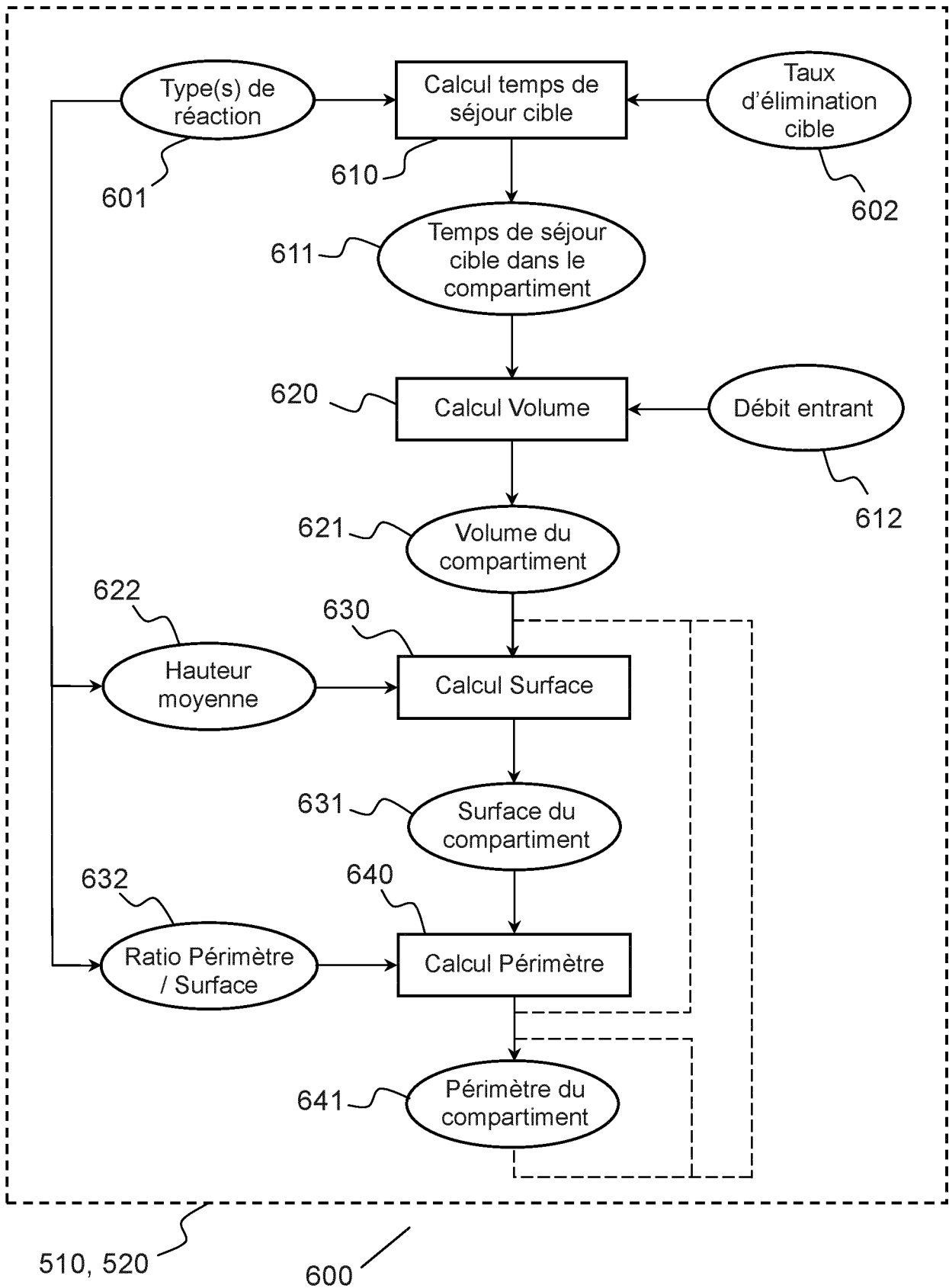


FIG.6

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

KR 2010 0089449 A (BYEON WOO IL [KR]; GOLDEN POW CO LTD [KR]) 12 août 2010 (2010-08-12)

US 6 558 555 B1 (FLOWERS DAVID A [US]) 6 mai 2003 (2003-05-06)

WO 2012/129604 A1 (WATER & CARBON GROUP PTY LTD [AU]; HUNTER JAMES PATRICK [AU]; PONT DAV) 4 octobre 2012 (2012-10-04)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

CN 101 973 637 A (UNIV NANJING) 16 février 2011 (2011-02-16)

Anonymous: "Dimensionnement du lagunage", , 26 juin 2007 (2007-06-26), XP055444377, Extrait de l'Internet: URL:https://web.archive.org/web/2007062623_5432/http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD0304/optsee/bei/5/binome4/eauxres2.htm [extrait le 2018-01-25]

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT