

PROCEDE DE TRAITEMENT D'UN EFFLUENT D'EAUX RESIDUAIRES DANS UN REACTEUR BATCH SEQUENCE (SBR) A NIVEAU CONSTANT ET A REPRISE CONTROLEE

[0001] L'invention se situe dans le domaine technique du traitement biologique des eaux résiduaires municipales et industrielles et plus spécifiquement la technologie dite Réacteur Biologique Séquencé (aussi connue sous son acronyme anglo-saxon SBR pour Sequencing Batch Reactor).

[0002] Un SBR fonctionne de façon séquencée avec différentes étapes de traitement, et notamment une phase de décantation qui permet de séparer les boues dites « activées » de l'eau traitée.

[0003] Un procédé dit « à boues activées » utilise l'épuration biologique dans son traitement des eaux usées. C'est un mode d'épuration par cultures libres. Le principe est de faire dégrader la matière organique, en suspension ou dissoute dans les eaux usées, par des bactéries. Un bon niveau de biodégradation est obtenu grâce à une homogénéisation du milieu permettant aux bactéries d'accéder aux particules et une bonne aération. Ensuite, les boues se déposent dans le fond du réacteur lors de la phase de décantation.

[0004] Un procédé à boues activées peut viser à éliminer la pollution carbonée et la pollution azotée, éliminer ou récupérer le phosphore compris dans la pollution phosphorée.

[0005] Quelle que soit la technologie de traitement employée, la technologie SBR est limitée dans son dimensionnement par la décantabilité de la boue. En effet, un des facteurs limitant la concentration en boues activées dans un SBR, elle-même représentant un potentiel de traitement d'une charge polluante, est la décantabilité de la boue généralement exprimée par l'indice de Mohlman. L'indice de Mohlman est l'indice de l'aptitude à la décantation des boues. Cet indice définit le volume de boue activée décanté en une demi-heure par rapport à la masse de résidu sec (ou la concentration en matière en suspension, aussi notée MES) de cette boue : plus l'indice est bas et meilleure est la capacité de décantation de la boue.

[0006] Plus les boues sont denses, plus rapide est la phase de décantation et plus courte est la durée globale du cycle de traitement, ce qui permet de traiter dans une même journée plus de pollution en effectuant un nombre de cycles plus élevé.

[0007] Des boues plus denses permettent de travailler avec des concentrations plus élevées tout en permettant une bonne décantabilité (indice) et donc de traiter plus de pollution dans un même volume d'ouvrage.

[0008] Une première conception de réacteur dit séquencé (SBR) met en œuvre deux volumes différents qui sont alternativement utilisés en réaction et en décantation, l'eau étant transférée du compartiment réaction vers le compartiment décantation (procédé Unitank de Seghers). Cependant, ce type de réacteur SBR a été amélioré, et la plupart des réacteurs biologiques du type séquencé (SBR) sont actuellement conçus avec un seul volume, dans lequel les différentes étapes du traitement se déroulent successivement. Ces réacteurs sont généralement à niveau variable : la phase d'alimentation en eau brute et la phase de reprise de l'eau traitée sont dissociées dans le temps, si bien que lors de la reprise de l'eau traitée, le niveau d'eau dans le réacteur s'abaisse.

[0009] On connaît également des réacteurs SBR dits à niveau constant, qui permettent de réduire le temps de chaque séquence de traitement, tout en maintenant l'efficacité du traitement. Un tel réacteur est décrit par exemple dans le document WO2016020805.

[0010] Un fonctionnement de SBR à niveau constant implique l'alimentation en eau brute et la reprise de l'eau traitée de façon simultanée et au même débit pour maintenir le niveau constant : si l'équipement permettant la reprise de l'eau traitée est immergé sans précaution particulière, il va se trouver contaminé par des MES (matières en suspension) lors de la phase de réactions (séquence réactionnelle) et plus spécifiquement lors de la phase d'aération au cours de laquelle l'ensemble du volume du réacteur biologique va se trouver à une concentration moyenne en boues de plusieurs grammes par litre.

[0011] Le procédé SBR décrit dans la demande WO2004/024638 opère sur la base d'un fonctionnement avec une goulotte semi-immersée dans l'enceinte du SBR. Ce fonctionnement nécessite au cours du cycle un abaissement du niveau liquide pour

éviter l'entraînement des boues dans la goulotte lors de la phase de réaction dû notamment à la montée du niveau d'eau liée à la rétention gazeuse.

[0012] Cet abaissement de niveau entraîne un certain nombre de problèmes que l'invention proposée cherche à résoudre :

- augmentation de la hauteur du réacteur par un volume hydraulique utile à l'étape d'alimentation,
- augmentation du temps de cycle pour intégrer le temps d'abaissement de niveau puis le temps de remplissage,
- nécessité de recycler le volume correspondant à l'abaissement de niveau en tête de traitement via un stockage intermédiaire et des pompes,
- augmentation du débit instantané d'alimentation pour intégrer le traitement de ce volume recyclé,
- l'eau située dans le volume correspondant à l'abaissement de niveau est potentiellement riche en nitrates qui vont se révéler néfastes au relargage des phosphates pendant la phase d'alimentation reprise.

[0013] Le document US 2018/0043286 décrit un procédé de vidange d'eau dans un réservoir basé sur un tuyau de vidange disposé entièrement dans le réservoir. L'eau du réservoir entre dans le tuyau de vidange par des orifices immergés en permanence. De l'air comprimé est introduit dans le tuyau de vidange pour faire évacuer l'eau dans le tuyau vers un collecteur. L'air comprimé est évacué du tuyau de vidange pour remplir le tuyau d'eau. Dans cette solution, le tuyau de vidange comprend de simples orifices par lesquels l'eau et les boues entrent directement dans le tuyau. Plus précisément, au cours de la phase d'aération, la hauteur d'expansion du volume d'eau dans l'enceinte varie du fait de la régulation de la quantité d'air injectée. Cela entraîne une variation de la pression dans le tuyau. L'eau et les boues présentes dans l'enceinte s'accumulent alors à l'intérieur du tuyau. Les boues s'accumulent dans le tuyau au cours de la phase d'aération et sont partiellement entraînées avec l'eau traitée au détriment de sa qualité et du respect des normes de rejet. Cette solution n'est donc pas compatible d'un traitement des eaux comprenant des étapes d'aération et décantation des boues dans le réservoir.

[0014] On connaît également le brevet US6884354, qui décrit un réacteur batch séquencé (SBR) à niveau constant, incluant un clarificateur (ou dispositif de reprise) tel que décrit dans le brevet US4596658, ledit clarificateur étant disposé horizontalement à proximité d'une paroi du réacteur. Le clarificateur de US4596658 comprend une ouverture laminaire sous forme d'une fente allongée pour collecter l'eau clarifiée. Un tel dispositif est susceptible de créer des turbulences lors de l'aspiration de l'eau clarifiée. Cela peut nuire à la qualité de l'eau clarifiée reprise.

[0015] L'invention vise à pallier tout ou partie des problèmes cités plus haut en proposant un procédé de traitement d'un effluent d'eaux résiduaires dans un réacteur batch séquencé (SBR) à niveau constant dans lequel l'eau traitée est reprise par un conduit de reprise bloqué à l'air. L'invention repose sur une étape de pilotage des moyens de reprise de l'enceinte du SBR au cours de laquelle, juste avant la mise en service de l'aération dans le SBR, le conduit de reprise est rempli d'air jusqu'à ce que le conduit se vide complètement de l'eau contenue dans le conduit. L'invention garantit la non-contamination du conduit de reprise d'eau traitée par des boues activées au cours de l'aération grâce à un remplissage d'air contrôlé du conduit de reprise en fonction des étapes du procédé de traitement.

[0016] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de traitement d'un effluent d'eaux résiduaires dans un réacteur batch séquencé (SBR), ledit SBR comprenant :

- une enceinte apte à contenir un mélange eaux résiduaires-boues comprenant différents niveaux, chaque niveau étant défini par une concentration et/ou une densité de boues,
- un lit de boues situé au fond de l'enceinte,
- des moyens de reprise d'une fraction clarifiée du contenu de l'enceinte, comprenant :
 - o un conduit de reprise s'étendant au-dessous de la surface du mélange de l'enceinte, entre l'intérieur et l'extérieur de l'enceinte, comprenant :
 - une pluralité de canaux reliant hydrauliquement le contenu de l'enceinte et le conduit de reprise,
 - une pluralité d'orifices de reprise par lesquels la fraction clarifiée du contenu de l'enceinte est destinée à être vidangée,

- un conduit d'air reliant hydrauliquement ou aérauliquement le conduit de reprise avec l'atmosphère,
- une vanne d'échappement d'air sur le conduit d'air, apte à prendre une position ouverte ou une position fermée,
- un dispositif de blocage air/eau sur le conduit de reprise, apte à bloquer l'air dans le conduit de reprise en amont du dispositif de blocage air/eau et à bloquer l'eau en aval du dispositif de blocage,
- un injecteur d'air relié au conduit de reprise et destiné à alimenter le conduit de reprise en air surpressé et/ou comprimé,

ledit procédé comprenant :

- une étape d'alimentation du SBR, au cours de laquelle on introduit un volume d'effluent à traiter près du fond de l'enceinte, dans le lit de boues, de préférence par un réseau de distribution couvrant le fond de l'enceinte,
- une séquence réactionnelle de traitement biologique comprenant au moins :
 - une étape d'aération du contenu de l'enceinte, au cours de laquelle le niveau de la surface du mélange s'élève,
- une étape de décantation, au cours de laquelle des boues se déposent au fond de l'enceinte et le contenu de l'enceinte se clarifie à proximité de sa surface,
- une étape de reprise de la fraction clarifiée du contenu de l'enceinte, lesdites étapes de reprise et d'alimentation ayant lieu simultanément, de manière à maintenir le niveau du contenu de l'enceinte sensiblement constant lors des étapes de reprise et d'alimentation,

ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend :

- une étape de pilotage des moyens de reprise au cours de laquelle :
 - le conduit de reprise est rempli d'air jusqu'à ce que le conduit de reprise se vide complètement de la fraction clarifiée contenue dans le conduit de reprise, et
 - le conduit de reprise est maintenu rempli d'air pendant la séquence réactionnelle et préféablement jusqu'à la fin de l'étape de décantation,
- une étape d'expulsion de l'air contenu dans le conduit de reprise par de la fraction clarifiée juste avant l'étape d'alimentation et l'étape de reprise,

- après l'étape d'alimentation du SBR, une étape de remplissage d'air du conduit de reprise par injection d'air, la vanne d'échappement étant fermée et le dispositif de blocage air/eau étant dit fermé, pendant l'étape d'aération,
- une étape de maintien du remplissage en air du conduit de reprise sans injection d'air, la vanne d'échappement étant fermée et le dispositif de blocage air/eau étant dit fermé, pendant les étapes d'aération et de décantation.

[0017] Avantageusement, lors de l'étape de remplissage d'air du conduit de reprise, la vanne d'échappement est en position fermée, et le dispositif de blocage air/eau bloque l'air dans le conduit de reprise par création d'une discontinuité hydraulique entre l'amont et l'aval du dispositif de blocage air/eau.

[0018] Avantageusement, lors de l'étape d'expulsion de l'air du conduit de reprise, la vanne d'échappement est en position ouverte de sorte à permettre l'évacuation de l'air simultanément à l'entrée d'eau clarifiée dans le conduit de reprise.

[0019] Avantageusement, lors de l'étape d'expulsion de l'air du conduit de reprise, après l'évacuation de l'air, le dispositif de blocage air/eau prend la position dite ouverte de sorte à permettre à la fraction clarifiée de sortir par les orifices de reprise.

[0020] L'invention concerne aussi une installation de traitement d'un effluent d'eaux résiduaires dans un réacteur batch séquencé (SBR), ledit SBR comprenant :

- une enceinte apte à contenir un mélange eaux résiduaires-boues comprenant différents niveaux, chaque niveau étant défini par une concentration et/ou une densité de boues,
- un lit de boues situé au fond de l'enceinte,
- un dispositif d'alimentation du SBR par un volume d'effluent à traiter près du fond de l'enceinte, dans le lit de boues, de préférence par un réseau de distribution couvrant le fond de l'enceinte,
- des moyens de reprise d'une fraction clarifiée du contenu de l'enceinte, comprenant :
 - o un conduit de reprise s'étendant au-dessous de la surface du contenu de l'enceinte, entre l'intérieur et l'extérieur de l'enceinte, comprenant :

- une pluralité de canaux reliant hydrauliquement le contenu de l'enceinte et le conduit de reprise,
- une pluralité d'orifices de reprise par lesquels la fraction clarifiée du contenu de l'enceinte est destinée à être vidangée,
- un conduit d'air reliant hydrauliquement ou aérauliquement le conduit de reprise avec l'atmosphère,
- une vanne d'échappement d'air sur le conduit d'air, apte à prendre une position ouverte ou une position fermée,
- un dispositif de blocage air/eau sur le conduit de reprise, chacune des deux vannes étant apte à bloquer l'air dans le conduit de reprise ou à le laisser passer,
- un injecteur d'air relié au conduit de reprise et destiné à alimenter le conduit de reprise en air surpressé et/ou comprimé,

le SBR étant apte à mettre en œuvre un procédé de traitement comprenant une séquence réactionnelle de traitement biologique comprenant au moins une étape d'aération du contenu de l'enceinte, au cours de laquelle le niveau de la surface du mélange s'élève, une étape de décantation, au cours de laquelle des boues se déposent au fond de l'enceinte et le contenu de l'enceinte se clarifie à proximité de sa surface, une étape de reprise de la fraction clarifiée du contenu de l'enceinte, lesdites étapes de reprise et d'alimentation ayant lieu simultanément, de manière à maintenir le niveau du contenu de l'enceinte sensiblement constant lors des étapes de reprise et d'alimentation,

l'installation comprenant en outre des moyens de pilotage des moyens de reprise de sorte à remplir d'air le conduit de reprise jusqu'à ce que le conduit de reprise se vide complètement de la fraction clarifiée contenue dans le conduit de reprise, à maintenir le conduit de reprise rempli d'air pendant l'étape d'aération, et à expulser l'air contenu dans le conduit de reprise par de la fraction clarifiée juste avant l'étape d'alimentation et l'étape de reprise, à remplir d'air le conduit de reprise par injection d'air pendant l'étape d'aération, à maintenir le remplissage en air du conduit de reprise sans injection d'air pendant les étapes d'aération et de décantation.

[0021] Dans un mode de réalisation, le dispositif de blocage comprend un siphon en forme de U entre le conduit d'air et les orifices de reprise.

[0022] Dans un autre mode de réalisation, les orifices de reprise sont positionnés au-dessus du niveau du conduit de reprise, et le conduit de reprise comprend un conduit d'échappement d'air.

[0023] Dans un autre mode de réalisation, les orifices de reprise sont positionnés en dessous du niveau du conduit de reprise, et le conduit de reprise comprend un conduit d'échappement d'air.

[0024] Dans un autre mode de réalisation, le dispositif de blocage comprend une vanne de régulation positionnée au niveau des orifices de reprise.

[0025] L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation donné à titre d'exemple, description illustrée par le dessin joint dans lequel :

[0026] La figure 1 représente schématiquement un exemple de réacteur batch séquencé adapté à la mise en œuvre du procédé de traitement de l'invention ;

[0027] La figure 2 représente schématiquement l'enceinte du SBR et les moyens de reprise ;

[0028] La figure 3 représente un organigramme des étapes du procédé de traitement d'un effluent d'eaux résiduaires selon l'invention ;

[0029] Les figures 4, 5, 6, 7, 8 et 9 représentent schématiquement les caractéristiques des moyens de reprise du SBR à différentes phases de fonctionnement selon l'invention ;

[0030] Les figures 10, 11 et 12 représentent schématiquement des variantes de réalisation des moyens de reprise du SBR selon l'invention ;

[0031] La figure 13 représente un organigramme des étapes d'une variante du procédé de traitement d'un effluent d'eaux résiduaires selon l'invention dans un SBR ;

[0032] La figure 14 représente schématiquement des variantes des moyens de reprise du SBR.

[0033] Sur ces figures, dans un souci de clarté, les échelles ne sont pas respectées. Par ailleurs, les mêmes éléments porteront les mêmes repères dans les différentes figures.

[0034] La figure 1 représente schématiquement un exemple de réacteur batch séquencé 10 adapté à la mise en œuvre du procédé de traitement de l'invention. L'invention concerne une installation de traitement d'un effluent d'eaux résiduaires dans un réacteur batch séquencé 10 (SBR). Selon l'invention, le SBR 10 comprend :

- une enceinte 11 apte à contenir un mélange 12 eaux (résiduaires ou traitées)-boues comprenant différents niveaux, chaque niveau étant défini par une concentration et/ou une densité de boues,
- un lit de boues 13 situé au fond de l'enceinte 11,
- un dispositif d'alimentation du SBR par un volume d'effluent à traiter 20 près du fond de l'enceinte 11, dans le lit de boues 13, de préférence par un réseau de distribution 21 couvrant le fond de l'enceinte,
- des moyens de reprise 200 d'une fraction clarifiée du contenu 12 de l'enceinte 11,

le SBR 10 étant apte à mettre en œuvre un procédé de traitement comprenant une séquence réactionnelle 102 de traitement biologique comprenant au moins une étape 105 d'aération du contenu de l'enceinte 11, au cours de laquelle le niveau de la surface 24 du mélange 12 s'élève, et éventuellement une étape 106 de décantation, au cours de laquelle des boues se déposent au fond de l'enceinte 11 et le contenu de l'enceinte 11 se clarifie à proximité de sa surface 24, une étape 107 de reprise de la fraction clarifiée 22 du contenu de l'enceinte 11, lesdites étapes de reprise 107 et d'alimentation 101 ayant lieu simultanément, de manière à maintenir le niveau du contenu de l'enceinte 11 sensiblement constant lors des étapes de reprise 107 et d'alimentation 101, l'installation comprenant en outre des moyens de pilotage 210 des moyens de reprise 200 permettant de reprendre la fraction clarifiée de l'enceinte. Dans ce qui suit, le terme reprise/reprendre est à comprendre comme évacuation/évacuer et/ou vidange/vidanger. L'aération du contenu de l'enceinte se fait avec de l'air 8 par un réseau de distribution 27, préférentiellement couvrant le fond de l'enceinte 11.

[0035] La figure 2 représente schématiquement l'enceinte 11 du SBR 10 et les moyens de reprise 200. Les moyens de reprise 200 de la fraction clarifiée du contenu 12 de l'enceinte 11 comprennent :

- un conduit de reprise 201 s'étendant au-dessous de la surface 24 du contenu 12 de l'enceinte 11, entre l'intérieur 25 et l'extérieur 26 de l'enceinte, comprenant :
 - o une pluralité de canaux 202 reliant hydrauliquement le contenu 12 de l'enceinte 11 et le conduit de reprise 201,
 - o une pluralité d'orifices de reprise 203 par lesquels la fraction clarifiée du contenu 12 de l'enceinte 11 est destinée à être vidangée,
 - o un conduit d'air 204 reliant hydrauliquement ou aérauliquement le conduit de reprise 201 avec l'atmosphère,
- une vanne d'échappement 205 d'air sur le conduit d'air 204, apte à prendre une position ouverte ou une position fermée, par laquelle l'air bloqué dans le conduit de reprise peut être évacué à l'atmosphère,
- un dispositif de blocage air/eau 216 sur le conduit de reprise 201, apte à passer d'un état dit fermé à un état dit ouvert, et inversement, de sorte à bloquer l'air dans le conduit de reprise 201 en amont du dispositif de blocage air/eau 216 et apte à bloquer l'eau en aval du dispositif de blocage air/eau 216,
- un injecteur d'air 207 relié au conduit de reprise 201 et destiné à alimenter le conduit de reprise 201 en air surpressé et/ou compressé.

[0036] Pour une meilleure visibilité des figures, deux canaux 202 sont représentés. Toutefois il faut comprendre que le conduit de reprise peut comprendre plusieurs autres canaux 202, avec une disposition particulière : les canaux 202 sont répartis de manière à couvrir la surface et à constituer un réseau de canaux et d'orifices de prélèvement. Autrement dit, les canaux 202 sont disposés le long du conduit 201. La pluralité de canaux constitue une pluralité de points d'entrée pour l'eau clarifiée dans le conduit 201. Pour un volume de liquide à évacuer par le conduit 201, il en résulte un plus faible débit par canal. Contrairement à un dispositif avec un seul canal d'entrée d'eau, cette disposition de l'invention permet d'éviter la création de courants

susceptibles de créer des turbulences en surface, ce qui serait nuisible à la qualité de l'eau de reprise.

[0037] Les orifices 203 de prélèvement d'eau peuvent avoir la forme de fentes allongées ou circulaires.

[0038] Le dispositif de blocage air/eau 216 sera détaillé ci-dessous sous forme de deux exemples de réalisation. Ce dispositif peut être une vanne, préférentiellement motorisée, pouvant prendre la position ouverte ou fermée ou un siphon en U pouvant être amorcé ou désamorcé. Dans la suite, le dispositif de blocage air/eau 216 est dit ouvert si la vanne est en position ouverte ou le siphon amorcé, et est dit fermé si la vanne est fermée ou le siphon désamorcé.

[0039] Les moyens de reprise 200 peuvent comprendre un injecteur d'air 207 relié au conduit d'air 204 entre la vanne d'échappement 205 et le dispositif de blocage air/eau 216 et être destiné à alimenter le conduit de reprise 201 en air surpressé/compressé. L'air permettant le blocage du conduit de reprise peut alternativement provenir de la source d'air utilisée dans le procédé de traitement. Plus précisément, l'injecteur d'air 207 peut être dédié au blocage d'air/eau. Dans ce cas, il comprend un clapet anti-retour. L'injecteur d'air 207 peut aussi être non dédié au blocage d'air/eau, c'est-à-dire que l'injecteur d'air peut provenir de l'alimentation en air de l'enceinte. Dans ce cas, les moyens de reprise 200 comprennent en outre une vanne de blocage 206 pour assurer la fonction de blocage. L'injecteur d'air 207 n'est pas forcément relié au conduit d'air 204 mais il est systématiquement relié au conduit de reprise 101 pour le bloquer en air/eau.

[0040] L'injecteur d'air 207 peut fonctionner de manière intermittente pendant l'étape d'aération 105 ou de manière continue.

[0041] La vanne d'échappement 205 correspond à une vanne de mise à l'atmosphère.

[0042] Les moyens de pilotage 210 des moyens de reprise 200 visent à remplir d'air le conduit de reprise 201 jusqu'à ce que le conduit de reprise 201 se vide complètement de la fraction clarifiée contenue dans le conduit de reprise 201, à maintenir le conduit de reprise 201 rempli d'air pendant l'étape 105 d'aération et pendant l'étape 106 de décantation, et à évacuer l'air contenu dans le conduit de reprise 201 par de la fraction clarifiée 22 pendant l'étape d'alimentation 101 et l'étape

107 de reprise. Plus précisément, les moyens de pilotage 210 sont configurés pour actionner la vanne 205 et le dispositif de blocage 216 selon les besoins afin que le conduit de reprise se vide de la fraction clarifiée présente dans le conduit de reprise 201 et maintiennent le conduit de reprise 201 rempli d'air pendant la phase d'aération et la phase de décantation. L'air peut être approvisionné en continu. Il peut aussi provenir d'une source d'air externe, c'est-à-dire non dédiée au blocage d'air/eau, et prévu pour l'aération de l'enceinte. Dans le cas d'une source d'air externe, une vanne d'isolement 206 est nécessaire. Dans le cas où les moyens de reprise 200 comprennent un injecteur d'air 207 dédié au blocage d'air/eau, celui-ci peut injecter de l'air surpressé et/ou comprimé dans le conduit de reprise 201. A noter que cet injecteur d'air dédié 207 dispose d'un clapet anti-retour (non représenté sur les figures). Autrement dit, le conduit de reprise 201 est alors bloqué en air : il est rempli d'air qui ne peut alors pas s'évacuer du fait de la fermeture du dispositif de blocage air/eau 216 et de la vanne d'échappement 205. Pendant la phase d'aération, le niveau du contenu de l'enceinte augmente du fait de l'introduction d'air dans l'enceinte et le niveau du contenu s'élève. Le niveau du contenu de l'enceinte monte. Mais le conduit de reprise étant rempli d'air, ce contenu ne peut pénétrer dans le conduit. Ceci a pour avantages d'éviter une perte en boues du système (la présence de boues étant importante pour densifier), et d'éviter la contamination du conduit de reprise et de l'eau clarifiée sortant des orifices 203 (cela est important vis-à-vis du traitement tertiaire qu'il faudrait mettre en œuvre en aval, et/ou vis-à-vis des normes de rejet), les canaux 202 permettent de compenser la rétention gazeuse élevant le niveau d'eau du réacteur en aération, ils compensent aussi une horizontalité imparfaite de la tuyauterie.

[0043] Le contenu s'élève dans les canaux 202 dans le cas d'une injection d'air discontinue, mais ne peut entrer dans le conduit de reprise 201. Cette configuration garantit, grâce au pilotage des moyens de reprise, de ne faire entrer uniquement de la fraction clarifiée dans le conduit de reprise, sans aucun risque que du contenu contenant des boues n'y pénètre.

[0044] Il est important de souligner que le conduit de reprise s'étend au-dessous de la surface 24 du contenu de l'enceinte. Il est donc immergé en permanence dans le contenu de l'enceinte. Les canaux 202, qui sont des tubes avec des orifices d'entrée sont en permanence immergés et sont remplis avec le contenu de l'enceinte (en eau

clarifiée (pendant l'alimentation/reprise et l'anaérobie) ou en air (étape de réaction dont étape aération, et étape de décantation). En d'autres termes, le contenu des canaux varie selon la séquence en cours. Les canaux 202 ont un double rôle : ils forment un accès à la fraction clarifiée vers le conduit de reprise 201 lors de l'étape d'alimentation/reprise, et ils forment un volume tampon, sans accès au conduit de reprise 201, qui contient le contenu de l'enceinte lorsque le niveau du contenu de l'enceinte augmente du fait de l'aération. Le passage du rôle d'accès vers le conduit de reprise à celui de volume tampon se fait selon l'avancement du procédé de traitement, grâce à l'injection/échappement d'air surpressé et/ou compressé et l'ouverture/fermeture du dispositif de blocage et de la vanne d'échappement. L'injection/échappement d'air surpressé et/ou compressé et l'ouverture/fermeture du dispositif de blocage et de la vanne d'échappement sont contrôlés par les moyens de pilotage 210 des moyens de reprise 200.

[0045] Dans un mode de réalisation, le dispositif de blocage air/eau 216 comprend un siphon 208 en forme de U entre le conduit d'air 204 et les orifices de reprise 203. Lorsque l'injection d'air a lieu, l'eau clarifiée contenue dans le siphon et dans le conduit de reprise est remplacée par de l'air jusqu'à une hauteur équivalente à l'extrémités du ou des canaux. Par ce moyen, le siphon vise à déconnecter hydrauliquement le contenu de l'enceinte de l'eau clarifiée en dehors de l'enceinte, il est ainsi désamorcé. En prolongeant la hauteur du siphon, il est aussi possible de compenser l'élévation du niveau de la surface 24 lors de l'étape d'aération. La présence d'un siphon n'est pas obligatoire et d'autres modes de réalisation sont possibles et seront présentés ci-dessous. Le siphon peut être associé à une vanne de blocage 206 qui est également pilotée par les moyens de pilotage 210 si l'air pour remplir le conduit de reprise provient de l'air pour le traitement (injecteur d'air 207 non dédié au blocage en air). Un orifice de reprise 203 est un orifice par lequel l'eau traitée est évacuée.

[0046] Les orifices de reprise 203 sont avantageusement positionnés au-dessus du niveau du conduit de reprise 201. Et avantageusement, le conduit de reprise 201 comprend un conduit d'échappement 211 d'air. Là encore, d'autres modes de réalisation sont possibles et seront présentés ci-dessous.

[0047] La figure 3 représente un organigramme des étapes du procédé de traitement d'un effluent d'eaux résiduaires selon l'invention dans un SBR 10. Comme expliqué précédemment, le SBR 10 comprend :

- une enceinte 11 apte à contenir un mélange 12 eaux résiduaires-boues comprenant différents niveaux, chaque niveau étant défini par une concentration et/ou une densité de boues,
- un lit de boues 13 situé au fond de l'enceinte 11,
- un dispositif d'alimentation du SBR par un volume d'effluent à traiter près du fond de l'enceinte 11, dans le lit de boues 13, de préférence par un réseau de distribution 21 couvrant le fond de l'enceinte,
- des moyens de reprise 200 d'une fraction clarifiée du contenu 12 de l'enceinte 11, et des moyens de pilotage 210 des moyens de reprise.

[0048] Les moyens de reprise 200 ont été décrits sur la base de la figure 2.

[0049] Le procédé de traitement d'un effluent d'eaux résiduaires dans un réacteur batch séquentiel (SBR) 10 selon l'invention comprend :

- une étape 101 d'alimentation du SBR 10, au cours de laquelle on introduit un volume d'effluent à traiter 20 près du fond de l'enceinte 11, dans le lit de boues 13, de préférence par un réseau de distribution 21 couvrant le fond de l'enceinte 11,
- une séquence réactionnelle 102 de traitement biologique comprenant au moins une étape 105 d'aération du contenu de l'enceinte, au cours de laquelle le niveau de la surface 24 du mélange 12 s'élève.

L'injection d'air peut se faire par un système de distribution d'air non dédié avec une vanne d'isolement 206 tel qu'un dispositif de distribution de l'air, pour l'étape d'aération 105, ou peut aussi se faire par un système de distribution dédié (un compresseur ou un surpresseur par exemple) comprenant avantageusement avec un clapet anti-retour.

[0050] Le procédé de l'invention comprend aussi :

- une étape 106 de décantation, au cours de laquelle des boues se déposent au fond de l'enceinte 11 et le contenu de l'enceinte 11 se clarifie à proximité de sa surface 24,
- une étape 107 de reprise de la fraction clarifiée 22 du contenu de l'enceinte 11, lesdites étapes de reprise 107 et d'alimentation 101 ayant lieu simultanément, de manière à maintenir le niveau du contenu de l'enceinte 11 sensiblement constant lors des étapes de reprise 107 et d'alimentation 101.

[0051] Le procédé selon l'invention peut aussi comprendre une phase d'attente 116 couplée aux étapes d'alimentation, de décantation ou d'anaérobie.

[0052] Selon l'invention, le procédé de traitement comprend :

- une étape 120 de pilotage des moyens de reprise 200 au cours de laquelle le conduit de reprise 201 est rempli d'air jusqu'à ce que le conduit de reprise 201 se vide complètement de la fraction clarifiée 22 contenue dans le conduit de reprise 201, et le conduit de reprise 201 est maintenu rempli d'air pendant la séquence réactionnelle 102 et préférentiellement aussi pendant l'étape 106 de décantation, et optionnellement d'attente, et
- une étape 123 d'expulsion de l'air contenu dans le conduit de reprise 201 par de la fraction clarifiée 22 pendant l'étape d'alimentation 101 et l'étape 107 de reprise.

[0053] Après l'étape 120 et avant l'étape 123, le procédé peut comprendre une étape 121 de remplissage, au moins partiel, des canaux 202 par le contenu 12 de l'enceinte 11 pendant l'étape 105 d'aération, si l'injection d'air n'est pas continue pendant les étapes d'injection d'air.

[0054] En outre, le procédé de traitement comprend, entre l'étape 120 et l'étape 123, deux autres étapes de maintien du remplissage en air du conduit de reprise. Comme mentionné précédemment, l'étape 120 de remplissage en air du conduit de reprise 201 a lieu par injection d'air et vidange en eau clarifiée simultanément. La vanne 205 est fermée et le dispositif de blocage air/eau 216 est dit fermé, le dispositif d'injection d'air (l'injecteur d'air 207) est en fonctionnement, au début de la première étape d'aération 105.

[0055] Ensuite, le procédé comprend une étape 122 de maintien du remplissage en air du conduit de reprise 201 par injection d'air. La vanne 205 est fermée et le dispositif de blocage air/eau 216 est dit fermé, le dispositif d'injection d'air 207 est en fonctionnement, pendant l'étape d'aération 105.

[0056] Ensuite, le procédé comprend une étape 122bis de maintien du remplissage en air du conduit de reprise sans injection d'air. La vanne 205 est fermée et le dispositif de blocage air/eau 216 est dit fermé, dispositif d'injection d'air 207 est à l'arrêt, pendant les étapes d'aération 105 et de décantation 106.

[0057] Ensuite vient l'étape 123 d'expulsion de l'air contenu dans le conduit de reprise et remplissage en eau clarifiée simultanément. La vanne 205 est ouverte et le dispositif de blocage 216 est dit ouvert, le dispositif d'injection d'air 207 est à l'arrêt, pendant les étapes d'alimentation 101, de reprise 107, anaérobie 103.

[0058] Et à la limite, si l'injection d'air n'est pas continue lors de l'étape 105 d'aération, notamment pour faire des économies d'énergie, une étape 121 de remplissage, au moins partiel, des canaux 202 par le contenu 12 de l'enceinte 11 pendant l'étape 105 d'aération peut avoir lieu (mais cette étape n'est pas voulue en quelque sorte). Dans ce cas, il est possible de réinjecter de l'air pour remplir à nouveau le conduit de reprise 201, c'est l'étape 122. Ceci peut se réaliser de manière synchrone en réglant une fréquence et une durée d'injection d'air ou de manière plus fine en intégrant une sonde de mesure de niveau qui permet de détecter s'il y a lieu de réinjecter de l'air et de déclencher une étape 122 pendant l'étape d'aération 105.

[0059] Le conduit de reprise est maintenu rempli d'air pendant la séquence réactionnelle comprenant l'étape d'aération. Préférentiellement, il est aussi maintenu rempli d'air pendant l'étape de décantation. En effet, si le conduit de reprise n'était plus rempli d'air au début de la décantation, le voile de boue n'aurait pas suffisamment de temps pour descendre en dessous des orifices d'entrée des canaux 202, ce qui entrainerait la contamination du conduit de reprise par les boues.

[0060] La particularité de l'invention réside dans le positionnement du conduit de reprise 201 au-dessous de la surface 24 du contenu de l'enceinte, c'est-à-dire qu'il est toujours immergé. Pour autant, son contenu est contrôlé grâce à l'étape de pilotage (120, 122, 122bis, 123) des moyens de reprise 200 en fonction des étapes du procédé de traitement. Il en résulte que seule l'eau traitée peut pénétrer dans le

conduit de reprise en vue d'être reprise. Le conduit de reprise est représenté sensiblement horizontal, c'est-à-dire parallèle à la surface 24 du contenu de l'enceinte, mais il pourrait également être incliné et s'étendre selon un axe sécant au plan dans lequel se trouve la surface 24. Le premier avantage est de ne pas limiter le volume de l'enceinte puisqu'il n'est pas nécessaire de réaliser un abaissement du plan d'eau en dessous du conduit de reprise pour éviter l'entrée d'eau non-traitée et de boues pendant l'étape d'aération 105. Grâce au pilotage des moyens de reprise, le conduit de reprise est rempli d'air juste avant l'étape d'aération 105 du réacteur. Autrement dit, le conduit de reprise est rempli d'air, c'est-à-dire qu'il est bloqué en air et ainsi rendu inaccessible au contenu de l'enceinte pendant les phases où le contenu de l'enceinte à proximité du conduit n'est pas uniquement de l'eau traitée. Une autre particularité vient des canaux 202 qui relient hydrauliquement le contenu de l'enceinte 11 au conduit de reprise 201. Ils sont représentés perpendiculairement à la surface 24, mais peuvent également être inclinés vers le bas. Les canaux 202 jouent un rôle prépondérant : tout en assurant la connexion hydraulique entre la fraction clarifiée et le conduit de reprise pour permettre la reprise de la fraction clarifiée, ils permettent également lors de l'étape d'aération de contenir l'élévation du niveau du contenu de l'enceinte. Les canaux 202 présentent chacun deux extrémités (visibles sur la figure 4) : une première extrémité 221 et une seconde extrémité 222 en contact direct avec le conduit de reprise 201, permettant l'écoulement entre le conduit de reprise 201 et ledit canal 202. Chaque canal 202 peut avoir n'importe quelle section : circulaire, rectangulaire, polygonale,..., de même que le conduit de reprise 201.

[0061] L'étape 105 d'aération entraîne une variation du niveau du contenu de l'enceinte due à l'injection d'air dans l'enceinte. Pendant l'étape 105 d'aération, les canaux 202 se remplissent au moins partiellement du contenu de l'enceinte. Il s'agit du cas particulier de l'étape 121, pour un procédé dans lequel l'injection d'air dans le conduit de reprise n'est pas continue. La hauteur de remplissage des canaux 202 correspond à la hauteur d'élévation du contenu de l'enceinte. Comme les canaux 202 sont dimensionnés pour être suffisamment hauts afin de répondre au cas particulier de l'étape 121, le contenu 12 ne parvient pas jusqu'à la seconde extrémité 222 des canaux 202. Le conduit de reprise 201, lui, reste rempli d'air. Lors de l'étape 105 d'aération, le contenu de l'enceinte est homogène, même au niveau de la

surface 24. Grâce aux canaux 202, ce contenu homogène contenant des boues ne pénètre pas dans le conduit de reprise 201. Les canaux 202 forment une zone de transition entre le conduit de reprise bloqué en air et le contenu de l'enceinte. Les extrémités 221 des canaux 202 peuvent être en contact avec l'eau et les boues. Les extrémités 222 des canaux 202 ne sont jamais en contact avec des boues. Ainsi, il est garanti que le conduit de reprise, selon les phases, contient soit de l'air ou de l'eau traitée, mais jamais de boues.

[0062] Le conduit de reprise 201 est maintenu rempli d'air pendant la séquence réactionnelle 102 et préférentiellement l'étape 106 de décantation, et optionnellement la phase d'attente 116. C'est l'étape 122bis. En fin de décantation, les boues présentent dans l'enceinte se sont déposées au fond de l'enceinte 11 et le contenu de l'enceinte 11 se clarifie à proximité de sa surface 24. Le procédé comprend alors une étape 123 d'expulsion de l'air du conduit de reprise 201. La vanne 205 est en position ouverte et de l'eau clarifiée entre dans le conduit de reprise et permet de chasser l'air bloqué dans le conduit de reprise par la vanne 205 et par le conduit de mise à l'atmosphère. Il n'y a plus d'air bloqué dans le conduit de reprise.

[0063] Par la suite, le dispositif de blocage air/eau 216 se met en position dite ouverte et un nouveau cycle débute : l'étape 101 d'alimentation a lieu simultanément à l'étape 107 de reprise. En introduisant un volume d'effluent dans l'enceinte, le même volume est vidangé afin de maintenir un niveau sensiblement constant. Comme le conduit de reprise n'est plus bloqué en air, le conduit de reprise 201 et les canaux 202 se remplissent de ce volume du contenu 12 de l'enceinte 11 situé au niveau de la surface 24. Il s'agit de la fraction clarifiée que l'on souhaite reprendre.

[0064] Le pilotage de remplissage d'air du conduit de reprise (étape 120) et du blocage de l'air dans le conduit de reprise (étape 122bis, complétée éventuellement de l'étape 122 si l'injection d'air n'est pas continue) résulte en un contrôle précis de l'instant auquel on fait rentrer du contenu dans le conduit de reprise. Le conduit de reprise est accessible au contenu de l'enceinte quand le contenu de l'enceinte est clarifié au niveau de sa surface. Par contre, pendant l'étape d'aération où le contenu est homogène, c'est-à-dire quand le contenu de l'enceinte n'est pas clarifié au niveau du conduit de reprise, le conduit de reprise n'est pas accessible à ce contenu. En d'autres termes, le procédé selon l'invention permet de contrôler précisément ce qui entre dans le conduit de reprise. Selon les étapes du traitement des eaux résiduaires,

il y a une succession de phases de blocage en air du conduit de reprise et de phases de connexion hydraulique libre lors desquelles le contenu de l'enceinte peut circuler dans le conduit de reprise.

[0065] Les figures 4 à 9 représentent schématiquement les caractéristiques des moyens de reprise du SBR à différentes phases de fonctionnement selon l'invention. Sur la représentation de la figure 2, le conduit de reprise 201 est rempli de fraction clarifiée. Juste avant la fin des étapes d'alimentation et de reprise et avant l'étape d'aération (ou l'étape d'injection d'air 110), le conduit de reprise n'est pas bloqué en air. A cet instant, juste avant l'étape d'aération, le niveau de la fraction clarifiée se stabilise à un niveau de référence indiqué $Q=0$ m³/h sur la figure 4 dans le conduit de reprise dans le cas où les orifices de reprise 203 sont positionnés au-dessus du niveau du conduit de reprise.

[0066] Entre les représentations des figures 2 et 4, l'injection d'air débute. La fraction clarifiée sort par les orifices de reprise 203. La vanne d'échappement 205 est en position fermée. L'air ne peut pas s'échapper, l'air reste dans le conduit de reprise. Dès que le conduit de reprise est rempli d'air et que toute la fraction clarifiée a quitté le conduit de reprise, seul un apport d'air dans le but de réguler la quantité d'air tout au long de l'étape d'aération est nécessaire. Il s'agit de l'étape 122. Le conduit de reprise est ainsi rempli d'air d'une part, et de la fraction clarifiée est maintenue dans la partie avale du siphon d'autre part. Débute alors l'étape d'aération. De l'air est introduit dans l'enceinte par un injecteur d'air externe (c'est-à-dire non dédié au blocage du conduit de reprise par l'air) pour l'aération du contenu de l'enceinte. De l'air peut être ajouté en complément dans le conduit de reprise pendant l'aération pour compenser les variations de pression dans le conduit de reprise qui vont être liées aux variations de hauteur d'eau au cours de l'aération. C'est l'étape 122.

[0067] A la figure 5, l'aération de la biomasse a commencé. Le niveau du contenu de l'enceinte a augmenté dû à l'injection d'air pour l'étape d'aération 105 (par exemple de l'ordre de 30 cm, symbolisé par le niveau Q'). Il y a une légère augmentation de la pression dans le conduit de reprise du fait de l'augmentation du niveau du contenu de l'enceinte. Dans le cas de l'utilisation d'un siphon comme dispositif de blocage air/eau 216, du contenu de l'enceinte entre dans les canaux 202 et le niveau de la fraction clarifiée se modifie dans le siphon (voir les flèches sur la figure 5). Les canaux 202 doivent être suffisamment hauts pour stabiliser le niveau du contenu à

l'intérieur des canaux (et afin que ce contenu n'atteigne pas l'intérieur du conduit de reprise) au moment où le niveau du contenu de l'enceinte est le plus haut (c'est-à-dire pendant l'étape d'aération).

[0068] A la figure 6, l'étape d'aération prend fin et l'étape de décantation débute. Du fait de l'arrêt de l'injection d'air pour l'aération, le niveau de la surface revient au niveau de référence noté $Q=0$. L'air est toujours bloqué dans le conduit de reprise pour s'assurer que la boue non décantée reste dans l'enceinte. Le dispositif de blocage air/eau 216 est dit en position fermée et la vanne 205 est fermée, assurant le blocage de l'air dans le conduit de reprise 201 en amont du dispositif de blocage 216.

[0069] La figure 7 représente l'étape de décantation. De la boue peut être extraite de l'enceinte. Le niveau du contenu de l'enceinte diminue légèrement (de l'ordre de quelques centimètres). Le niveau diminué par l'extraction de boues est représenté par Q'' .

[0070] A la fin de l'étape 106 de décantation et/ou au début des étapes 101 d'alimentation et 107 de reprise, quand la surface 24 de l'enceinte est clarifiée, et que toutes les boues ont décanté et sont disposées dans le fond de l'enceinte, la vanne d'échappement d'air 205 est mise en position ouverte et le dispositif de blocage air/eau 216 passe en position ouverte (c'est-à-dire que le dispositif 216 s'ouvre dans le cas d'une vanne motorisée, ou il s'amorce dans le cas du siphon) pour laisser passer l'eau clarifiée. De la fraction clarifiée entre dans le conduit de reprise et est vidangée par les orifices de reprise 203 tout en chassant l'air par la vanne 205 et le conduit de mise à l'atmosphère 204. Cette étape est représentée sur la figure 8. A la fin de l'étape de décantation, la boue se trouve loin du conduit de reprise et des canaux 202. Il n'y a plus de risque que de la boue pénètre dans le conduit de reprise. L'air est débloquent : la vanne 206 est fermée dans le cas d'un injecteur d'air non-dédié au blocage d'air, la vanne d'échappement 205 est ouverte (ainsi que le dispositif de blocage air/eau 216), juste avant les étapes d'alimentation et de reprise. Avantageusement, l'injecteur d'air 207 ne fonctionne pas pendant l'étape 106 de décantation : il fonctionne uniquement lors des étapes d'aération ou d'injection d'air dans l'enceinte.

[0071] La figure 9 représente les étapes simultanées d'alimentation et reprise. En alimentant l'enceinte en eaux résiduaires par le fond de l'enceinte, le niveau du contenu augmente suivant les pertes de charge générées par les moyens de reprise 200. La fraction de ce contenu qui se situe au niveau de la surface 24 est clarifiée (car juste après l'étape de décantation), c'est cette fraction qui pénètre dans le conduit de reprise et qui est vidangée par les orifices de reprise 203. Un nouveau cycle va pouvoir débuter, en reprenant le pilotage des moyens de reprise, comme expliqué à la figure 2.

[0072] En plus de la gestion de l'injection d'air pour remplir en air le conduit de reprise, les moyens de pilotage des moyens de reprise gèrent également l'ouverture et fermeture de la vanne d'échappement 205 et du dispositif de blocage air/eau 216. Lors de l'étape 122 de remplissage d'air du conduit de reprise 201 par l'injecteur d'air, la vanne d'échappement 205 est en position fermée, et le dispositif de blocage air/eau 216 est en position fermée (c'est-à-dire que le dispositif 216 est fermé dans le cas d'une vanne motorisée, ou il se désamorce dans le cas du siphon). Le dispositif de blocage air/eau 216 bloque l'air dans le conduit de reprise 201 par création d'une discontinuité hydraulique entre l'amont et l'aval du dispositif de blocage air/eau 216. Avant l'étape 101 d'alimentation, lors de l'étape 123 d'expulsion de l'air du conduit, la vanne d'échappement 205 est en position ouverte de sorte à permettre l'évacuation de l'air simultanément à l'entrée d'eau clarifiée dans le conduit de reprise puis le dispositif de blocage air/eau 216 prend la position dite ouverte de sorte à permettre à la fraction clarifiée 22 de sortir par les orifices de reprise 203.

[0073] Les figures 10 à 12 représentent schématiquement des variantes de réalisation des moyens de reprise du SBR selon l'invention.

[0074] Dans le mode de réalisation présenté à la figure 10, les orifices de reprise 203 sont positionnés en dessous du niveau du conduit de reprise 201, et le conduit de reprise 201 comprend un conduit d'échappement 211 d'air pour assurer la bonne évacuation d'air.

[0075] Dans le mode de réalisation présenté à la figure 11, les orifices de reprise 203 sont positionnés en dessous du niveau du conduit de reprise 201, et le dispositif de blocage air/eau 216 comprend une vanne de régulation 212 (avantageusement motorisée, notamment une vanne motorisée couplée à un dispositif de régulation du

débit) positionnée en amont des orifices de reprise 203. La vanne de régulation 212 vise à déconnecter hydrauliquement l'eau de l'enceinte de l'eau en dehors de l'enceinte et à bloquer l'air en amont du dispositif 216, elle permet aussi de maintenir un niveau constant de la surface du réacteur lors de l'étape d'alimentation 101 et de reprise 107 en limitant la génération d'à-coups hydrauliques en aval des orifices de reprise 203. La vanne de régulation 212 est alors fermée lors de la déconnexion après l'étape d'alimentation 101 et de reprise 107 et avant l'étape d'aération 105 (ou l'étape d'injection d'air 110). La vanne de régulation est ouverte lors de l'étape 123 d'expulsion d'air pour permettre ensuite de laisser passer la fraction clarifiée par les orifices de reprise 203. A noter que pour la fonction de blocage, la vanne 212 n'est pas nécessairement une vanne de régulation (une simple vanne d'ouverture/fermeture suffit).

[0076] Enfin, comme représenté à la figure 12, l'invention concerne aussi un conduit de reprise dans lequel les orifices de reprise 203 sont positionnés sensiblement au même niveau que le conduit de reprise. Dans ce cas, les moyens de reprise 200 comprennent également une vanne de régulation 212 positionnée en amont des orifices de reprise 203.

[0077] La figure 13 représente un organigramme des étapes d'une variante du procédé de traitement d'un effluent d'eaux résiduaires selon l'invention dans un SBR 10. Le réacteur SBR 10 selon cette variante de l'invention permet d'extraire de manière sélective les boues les moins aptes à décanter qui se retrouvent dans le mélange 12.

[0078] Dans ce mode de réalisation, le SBR 10, visible sur la figure 1, comprend des moyens d'extraction 19 aptes à extraire des boues 23 (représentées schématiquement à des fins de compréhension) à des niveaux variables entre le niveau d'extraction minimum 17 et le niveau d'extraction maximum 18 (la flèche B représente la sortie de boue). A titre d'exemple et de manière non-limitative, les moyens d'extraction 19 peuvent comprendre un extracteur 191 comprenant au moins une première partie présentant au moins une ouverture 191a à l'intérieur de l'enceinte 11 et une seconde partie 191b apte à faire sortir les boues en dehors de ladite enceinte. Les moyens d'extraction 19 peuvent comprendre des moyens de variation 192 aptes à faire varier la position de l'ouverture 191a dudit extracteur 191, en particulier le niveau de ladite ouverture entre le niveau d'extraction minimum 17 et

le niveau d'extraction maximum 18. L'extracteur 191 comprend avantageusement une pompe (d'aspiration) ou une vanne gravitaire (non représentées) pour l'extraction des boues. Avantageusement, l'extracteur 191 peut comprendre un ensemble de tubes disposés à différents niveaux dans l'enceinte 11, chaque tube comprenant une première extrémité présentant une ouverture à l'intérieur de l'enceinte 11 et une seconde extrémité reliée à la seconde partie 191b de l'extracteur 191, les moyens de variation 192 comprenant un ensemble de vannes aptes à ouvrir ou fermer lesdits tubes. Les moyens d'extraction permettent ainsi l'extraction des boues à un ou des niveaux variables. Pour une meilleure lisibilité de la figure, les moyens d'extraction 19 sont représentés sur la partie gauche du SBR, mais la seconde partie 191b de sortie des boues est à relier aux boues extraites 23.

[0079] Les moyens 16 de détermination du niveau minimum 17 et du niveau maximum 18 d'extraction des boues 23 dans l'enceinte 11 peuvent comprendre des moyens 161 de mesure aptes à mesurer la concentration à différents niveaux d'un mélange eaux résiduaires-boues. Par exemple, une sonde voile de boue permet de mesurer la surface du lit de boue. Une sonde MES (Matières En Suspension) permet de mesurer la concentration de la boue. Plusieurs sondes peuvent être disposées sur la hauteur de l'enceinte afin de mesurer la concentration en Matières en suspension à différents niveaux. Ces mesures sont utilisées pour déterminer les niveaux 17, 18. Les moyens 16 peuvent comprendre des moyens 162 de sélection aptes à sélectionner une valeur de concentration de boues maximum et une valeur de concentration de boues minimum, ainsi qu'un volume de boues à extraire. La sélection peut être faite par un opérateur ou sur la base d'un calcul lié à l'âge de boue. Les moyens 16 peuvent comprendre des moyens 163 de déduction apte à déduire un niveau minimum d'extraction correspondant à la valeur de concentration maximum sélectionnée et un niveau maximum d'extraction correspondant à la valeur de concentration minimum sélectionnée.

[0080] Les moyens 161 de mesure peuvent comprendre par exemple une sonde de mesure. Ladite sonde de mesure permet de mesurer la concentration de boue dans le mélange. La sonde de mesure 161 est immergée dans le mélange comme illustré. Elle peut être à une profondeur d'immersion fixe ou variable selon le type de sonde choisi. Ou comme dit plus haut, il peut y avoir plusieurs sondes de mesure sur la hauteur de l'enceinte. La sonde de mesure 161 est reliée aux moyens de sélection

162, qui permettent de vérifier si la mesure correspond à des boues à extraire ou non, et aux moyens de déduction 163 qui permettent de relier la mesure au niveau d'extraction correspondant. Ces moyens de détermination 16 sont reliés à des moyens d'extraction 19 des boues, plus particulièrement aux moyens de variation 192 du niveau d'extraction, principalement pour sélectionner le niveau d'extraction. Les moyens de variations 192 font varier le niveau de l'ouverture 191a de l'extracteur 191, ou on peut extraire de manière sélective à des niveaux fixes d'extraction et à des instants variables selon l'évolution du contenu, par exemple pendant l'étape de décantation, l'attente, alimentation/reprise, anaérobie suivant la mesure du voile de boue, voire de manière non sélective pendant l'étape d'aération.

[0081] Par exemple et de manière non-limitative, les moyens de mesure 161 des moyens de détermination 16 comprennent un capteur à ultrasons immergé en dessous de la surface du mélange eaux résiduaires-boues. Le capteur à ultrasons permet d'envoyer une onde ultrasonore dans ledit mélange (il fonctionne alors comme émetteur) puis à recevoir une onde ultrasonore en retour après avoir parcouru une distance donnée dans le mélange eaux résiduaires-boues (il fonctionne alors comme récepteur). Le capteur est relié aux moyens de sélection 162 et aux moyens de déduction 163.

[0082] La figure 13 représente l'organigramme des étapes de la variante du procédé de traitement d'un effluent d'eaux résiduaires selon l'invention. Dans cette variante, le procédé de traitement selon l'invention comprend :

- une étape 101 d'alimentation du SBR 10, au cours de laquelle on introduit un volume d'effluent à traiter 20 près du fond de l'enceinte 11, dans le lit de boues 13, de préférence par un réseau de distribution 21 couvrant le fond de l'enceinte 11,
- une séquence réactionnelle 102 comprenant :
 - o au moins une première étape 103 anaérobie, lors de laquelle les PAO 14 captent la pollution carbonée et relarguent des composés phosphorés,
 - o optionnellement, une deuxième étape 104, en anoxie, de dénitrification, cette étape n'étant mise en œuvre qu'en cas d'une concentration de NOx supérieure à un seuil prédéterminé,

- une troisième étape 105 d'aération, permettant d'effectuer la déphosphatation de l'effluent par les PAO 14, l'aération étant contrôlée de manière à effectuer simultanément soit une nitrification (partielle ou totale), soit une nitrification (partielle ou totale),
- une étape 106 de décantation, au cours de laquelle des boues se déposent au fond de l'enceinte 11 et le contenu de l'enceinte 11 se clarifie à proximité de sa surface 24,
- une étape 107 de reprise, au cours de laquelle on évacue une fraction clarifiée 22 du contenu de l'enceinte, lesdites étapes de reprise 107 et d'alimentation 101 ayant lieu simultanément, de manière à maintenir le niveau du contenu de l'enceinte 11 sensiblement constant lors des étapes de reprise 107 et d'alimentation 101, et
- une étape 108 d'extraction d'au moins une partie des boues 23 légères à un niveau prédéfini entre le niveau d'extraction minimum 17 et le niveau d'extraction maximum 18, préférentiellement à proximité du voile de boue 15.

[0083] Typiquement, l'étape 101 d'alimentation est réalisée en anaérobie, ou bien en anoxie. Dans ce dernier cas, l'étape 101 en anoxie permet de dénitrifier. L'étape 103 anaérobie est réalisée en anaérobie, l'étape 105 d'aération est réalisée en aérobie. L'étape 106 de décantation est réalisée en aérobie puis en anoxie.

[0084] La deuxième étape 104 peut être liée à une étape 117 de mesure de la concentration de NOx dans l'enceinte.

[0085] Le procédé de traitement selon l'invention peut en outre comprendre optionnellement une quatrième étape 111 anoxie de dénitrification ou de dénitrification ou de déammonification. Plus spécifiquement, on envisagera essentiellement trois variantes : selon la première variante, la troisième étape 105 comprend une nitrification totale ou partielle, et l'étape 111 anoxie est une dénitrification (procédé de post-dénitrification) ; selon une deuxième variante, la troisième étape 105 comprend une nitrification totale ou partielle, et l'étape 111 anoxie est une dénitrification (procédé de post-dénitrification) ; enfin, selon une troisième variante, la troisième étape 105 comprend une nitrification partielle, et l'étape 111 anoxie est une déammonification (procédé dit « ANAMMOX »). La quatrième étape 111 peut être liée à une étape 117bis de mesure de la concentration de NOx dans l'enceinte.

[0086] L'étape 101 d'alimentation à travers le lit de boues permet une mise en contact des boues avec l'eau brute à traiter. Le volume d'eau résiduaire à traiter 20 est introduit à travers le lit de boues où se trouvent les PAO. Ainsi, les particules et la fraction soluble du volume introduit sont rendues accessibles aux bactéries. Grâce à l'étape 103 anaérobie, les PAO captent la pollution carbonée et relarguent des composés phosphatés. L'étape 105 d'aération permet la déphosphatation du contenu de l'enceinte par les PAO. La séquence réactionnelle 102 contribue au développement des PAO qui présentent une bonne décantabilité. Lors de l'étape 106 de décantation, les boues se déposent par gravité dans le fond de l'enceinte. Les boues lourdes et les PAO se déposent plus rapidement que les boues légères. Ils contribuent au lit de boues. Les boues légères présentent une moins bonne décantabilité. Elles restent plus longtemps en suspension dans le contenu de l'enceinte, au-dessus du lit de boue.

[0087] L'étape 108 d'extraction d'au moins une partie des boues légères permet d'extraire à chaque cycle les boues les moins décantables. Toutefois, l'extraction n'a pas nécessairement lieu à chaque cycle selon les contraintes d'exploitation. Par exemple, il est possible de ne pas procéder à l'extraction les jours de week-end. De ce fait, seules les boues présentant une bonne décantabilité sont conservées dans l'enceinte du SBR. En plus de traiter la pollution présente dans l'effluent introduit, la combinaison de l'action des PAO produisant des boues plus denses et l'extraction des boues légères densifie les boues présentes dans l'enceinte. Il en résulte que le procédé de l'invention, procédé dit de boues densifiées, permet d'obtenir des vitesses de décantation des boues élevées, quelle que soit la nature des boues présentes dans l'enceinte du SBR.

[0088] Pendant la séquence réactionnelle 102, lorsque celle-ci comprend une deuxième étape 104, on peut avoir une étape 110 d'injection d'air dans l'enceinte 11. C'est aussi au cours de cette étape 110 que de l'air peut être injecté simultanément dans le conduit de reprise pour réaliser le blocage en air suivant l'étape 120. L'injection d'air dans l'enceinte avant l'étape 104 permet la mise en suspension de la biomasse pour un meilleur mélange avec le surnageant riche en azote oxydé (nitrate NO_3 et nitrite NO_2), ce qui améliore le rendement de la dénitrification de l'étape d'alimentation 104, et également le rendement de la première étape anaérobie 103.

On peut noter que cette étape 110 est optionnelle, si la deuxième étape 104 optionnelle est activée, suivant la mesure de concentration de NOx.

[0089] L'étape 106 de décantation peut être précédée d'une étape 112 d'injection d'air dans l'enceinte 11. C'est aussi au cours de cette étape 112 que de l'air peut être injecté simultanément dans le conduit de reprise pour réaliser le blocage en air suivant l'étape 122. L'injection d'air dans l'enceinte avant l'étape de décantation permet de réaliser une homogénéisation du contenu de l'enceinte et mise en contact des boues avec les espèces azotées oxydées. En outre, l'injection d'air permet aussi de dégazer le diazote.

[0090] En outre, le procédé de traitement selon l'invention peut comprendre une étape 113 de densification des boues par un dispositif de densification 30 à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enceinte 11. Le dispositif de densification 30 peut être un tamis de taille adéquat disposé en amont des moyens d'extraction des boues afin de retenir les floccs les plus gros et d'améliorer ainsi la sélection, c'est-à-dire leur maintien dans l'enceinte, des particules décantant le plus facilement. Alternativement ou en complément, l'étape de densification des boues peut consister à ajouter des lestants (tels que des zéolithes).

[0091] Avantageusement, le procédé de traitement selon l'invention comprend une étape 114 d'asservissement de la durée de la troisième étape 105 d'aération en fonction du niveau de pollution de l'effluent d'eaux résiduelles 20, notamment en fonction de la concentration en NH_4 et/ou des NO_2^- et/ou des NO_3^- du contenu de l'enceinte. Plus précisément, c'est la pollution de l'eau brute qui est mesurée indirectement dès que le contenu de l'enceinte est aéré au moins une fois.

[0092] Cette variante du procédé est dite variante de traitement par « boues densifiées », permettant d'obtenir des vitesses de décantation des boues élevées, quelle que soit la nature des boues (granulaires ou non), et avantageusement avec des boues non granulaires. Dans cette variante, la densification des boues est obtenue dans un SBR à niveau constant par optimisation de la production de microorganismes facilement décantables, grâce à la combinaison de plusieurs facteurs et notamment avec une stratégie d'extraction des boues, qui permet de conserver dans le réacteur les boues avec la meilleure décantabilité, en extrayant les boues les moins décantables à chaque cycle.

[0093] La figure 14 représente schématiquement des variantes A, B, C, D des moyens de reprise du SBR. Dans les variantes A et C, l'injecteur d'air 207 est dédié au blocage d'air/eau. Dans ce cas, il comprend un clapet anti-retour 2071. Dans les variantes B et D, l'injecteur d'air 207 est non dédié au blocage d'air/eau, c'est-à-dire que l'injecteur d'air 2071 est également à alimenter en air de l'enceinte. Dans ce cas, les moyens de reprise 200 comprennent en outre une vanne de blocage 206 pour assurer la fonction de blocage. L'injecteur d'air 207 peut être relié au conduit d'air 204 (variante C), mais ce n'est pas obligatoire. Par contre, l'injecteur d'air 207 est obligatoirement relié au conduit de reprise 101 pour le bloquer en air/eau.

[0094] Il apparaîtra plus généralement à l'Homme du métier que diverses modifications peuvent être apportées aux modes de réalisation décrits ci-dessus, à la lumière de l'enseignement qui vient de lui être divulgué. Dans les revendications qui suivent, les termes utilisés ne doivent pas être interprétés comme limitant les revendications aux modes de réalisation exposés dans la présente description, mais doivent être interprétés pour y inclure tous les équivalents que les revendications visent à couvrir du fait de leur formulation et dont la prévision est à la portée de l'Homme du métier se basant sur ses connaissances générales.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de traitement d'un effluent d'eaux résiduaires dans un réacteur batch séquencé (SBR), ledit SBR (10) comprenant :

- une enceinte (11) apte à contenir un mélange (12) eaux résiduaires-boues comprenant différents niveaux, chaque niveau étant défini par une concentration et/ou une densité de boues,
- un lit de boues (13) situé au fond de l'enceinte (11),
- des moyens de reprise (200) d'une fraction clarifiée (22) du contenu de l'enceinte (11), comprenant :
 - o un conduit de reprise (201) s'étendant au-dessous de la surface (24) du mélange (12) de l'enceinte (11), entre l'intérieur (25) et l'extérieur (26) de l'enceinte (11), comprenant :
 - une pluralité de canaux (202) reliant hydrauliquement le contenu de l'enceinte (12) et le conduit de reprise (201),
 - une pluralité d'orifices de reprise (203) par lesquels la fraction clarifiée (22) du contenu de l'enceinte est destinée à être vidangée,
 - un conduit d'air (204) reliant hydrauliquement ou aérauliquement le conduit de reprise (201) avec l'atmosphère,
 - o une vanne d'échappement d'air (205) sur le conduit d'air (204), apte à prendre une position ouverte ou une position fermée,
 - o un dispositif de blocage air/eau (216) sur le conduit de reprise (201), apte à passer d'un état dit fermé à un état dit ouvert, et inversement, de sorte à bloquer l'air dans le conduit de reprise (201) en amont du dispositif de blocage air/eau (216) et à bloquer l'eau en aval du dispositif de blocage (216),
 - o un injecteur d'air (207) relié au conduit de reprise (201) et destiné à alimenter le conduit de reprise (201) en air surpressé et/ou compressé,

ledit procédé comprenant :

- une étape (101) d'alimentation du SBR (10), au cours de laquelle on introduit un volume d'effluent à traiter (20) près du fond de l'enceinte (11), dans le lit de boues (13), de préférence par un réseau de distribution (21) couvrant le fond de l'enceinte (11),
- une séquence réactionnelle (102) de traitement biologique comprenant au moins :
 - o une étape (105) d'aération du contenu de l'enceinte, au cours de laquelle le niveau de la surface (24) du mélange (12) s'élève,
- une étape (106) de décantation, au cours de laquelle des boues se déposent au fond de l'enceinte (11) et le contenu de l'enceinte (11) se clarifie à proximité de sa surface (24),
- une étape (107) de reprise de la fraction clarifiée (22) du contenu de l'enceinte (11), lesdites étapes de reprise (107) et d'alimentation (101) ayant lieu simultanément, de manière à maintenir le niveau du contenu de l'enceinte (11) sensiblement constant lors des étapes de reprise (107) et d'alimentation (101),

ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend :

- une étape (120) de pilotage des moyens de reprise (200) au cours de laquelle :
 - o le conduit de reprise (201) est rempli d'air jusqu'à ce que le conduit de reprise (201) se vide complètement de la fraction clarifiée (22) contenue dans le conduit de reprise (201), et
 - o le conduit de reprise (201) est maintenu rempli d'air pendant la séquence réactionnelle (102) et préféablement jusqu'à la fin de l'étape (106) de décantation,
- une étape (123) d'expulsion de l'air contenu dans le conduit de reprise (201) par de la fraction clarifiée (22) juste avant l'étape d'alimentation (101) et l'étape (107) de reprise,
- après l'étape (101) d'alimentation du SBR, une étape (122) de remplissage d'air du conduit de reprise (201) par injection d'air, la vanne d'échappement (205) étant fermée et le dispositif de blocage air/eau (216) étant dit fermé, pendant l'étape d'aération (105),
- une étape (122bis) de maintien du remplissage en air du conduit de reprise (201) sans injection d'air, la vanne d'échappement (205) étant fermée et le

dispositif de blocage air/eau (216) étant dit fermé, pendant les étapes d'aération (105) et de décantation (106).

2. Procédé de traitement selon la revendication 1, dans lequel lors de l'étape (122) de remplissage d'air du conduit de reprise (201), la vanne d'échappement (205) est en position fermée, et le dispositif de blocage air/eau (216) bloque l'air dans le conduit de reprise (201) par création d'une discontinuité hydraulique entre l'amont et l'aval du dispositif de blocage air/eau (216).

3. Procédé de traitement selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel lors de l'étape (123) d'expulsion de l'air du conduit de reprise, la vanne d'échappement (205) est en position ouverte de sorte à permettre l'évacuation de l'air simultanément à l'entrée d'eau clarifiée dans le conduit de reprise.

4. Procédé de traitement selon la revendication 3, dans lequel lors de l'étape (123) d'expulsion de l'air du conduit de reprise (201), après l'évacuation de l'air, le dispositif de blocage air/eau (216) prend la position dite ouverte de sorte à permettre à la fraction clarifiée (22) de sortir par les orifices de reprise (203).

5. Installation de traitement d'un effluent d'eaux résiduaires dans un réacteur batch séquencé (SBR), ledit SBR comprenant :

- une enceinte (11) apte à contenir un mélange (12) eaux résiduaires-boues comprenant différents niveaux, chaque niveau étant défini par une concentration et/ou une densité de boues,
- un lit de boues (13) situé au fond de l'enceinte (11),
- un dispositif d'alimentation du SBR par un volume d'effluent à traiter près du fond de l'enceinte (11), dans le lit de boues (13), de préférence par un réseau de distribution (21) couvrant le fond de l'enceinte,
- des moyens de reprise (200) d'une fraction clarifiée du contenu (12) de l'enceinte (11), comprenant :
 - o un conduit de reprise (201) s'étendant au-dessous de la surface (24) du contenu (12) de l'enceinte (11), entre l'intérieur (25) et l'extérieur (26) de l'enceinte, comprenant :
 - une pluralité de canaux (202) reliant hydrauliquement le contenu (12) de l'enceinte (11) et le conduit de reprise (201),

- une pluralité d'orifices de reprise (203) par lesquels la fraction clarifiée du contenu (12) de l'enceinte (11) est destinée à être vidangée,
- un conduit d'air (204) reliant hydrauliquement ou aérauliquement le conduit de reprise (201) avec l'atmosphère,
- une vanne d'échappement (205) d'air sur le conduit d'air (204), apte à prendre une position ouverte ou une position fermée,
- un dispositif de blocage air/eau (216) sur le conduit de reprise (201), la vanne d'échappement (205) étant apte à bloquer l'air dans le conduit de reprise (201) ou à le laisser passer,
- un injecteur d'air (207) relié au conduit de reprise (201) et destiné à alimenter le conduit de reprise (201) en air surpressé et/ou comprimé,

le SBR (10) étant apte à mettre en œuvre un procédé de traitement comprenant une séquence réactionnelle (102) de traitement biologique comprenant au moins une étape (105) d'aération du contenu de l'enceinte (11), au cours de laquelle le niveau de la surface (24) du mélange (12) s'élève, une étape (106) de décantation, au cours de laquelle des boues se déposent au fond de l'enceinte (11) et le contenu de l'enceinte (11) se clarifie à proximité de sa surface (24), une étape (107) de reprise de la fraction clarifiée (22) du contenu de l'enceinte (11), lesdites étapes de reprise (107) et d'alimentation (101) ayant lieu simultanément, de manière à maintenir le niveau du contenu de l'enceinte (11) sensiblement constant lors des étapes de reprise (107) et d'alimentation (101),

l'installation comprenant en outre des moyens de pilotage (210) des moyens de reprise (200) de sorte à remplir d'air le conduit de reprise (201) jusqu'à ce que le conduit de reprise (201) se vide complètement de la fraction clarifiée contenue dans le conduit de reprise (201), à maintenir le conduit de reprise (201) rempli d'air pendant l'étape (105) d'aération, et à expulser l'air contenu dans le conduit de reprise (201) par de la fraction clarifiée (22) juste avant l'étape d'alimentation (101) et l'étape (107) de reprise, à remplir d'air le conduit de reprise (201) par injection d'air pendant l'étape d'aération (105), à maintenir le remplissage en air du conduit de reprise (201) sans injection d'air pendant les étapes d'aération (105) et de décantation (106).

6. Installation de traitement selon la revendication 5, dans laquelle le dispositif de blocage (206) comprend un siphon en forme de U entre le conduit d'air (204) et les orifices de reprise (203).
7. Installation de traitement selon l'une quelconque des revendications 5 ou 6, dans laquelle les orifices de reprise (203) sont positionnés au-dessus du niveau du conduit de reprise (201), et le conduit de reprise (201) comprend un conduit d'échappement (211) d'air.
8. Installation de traitement selon la revendication 5 ou 6, dans laquelle les orifices de reprise (203) sont positionnés en dessous du niveau du conduit de reprise (201), et le conduit de reprise (201) comprend un conduit d'échappement (211) d'air.
9. Installation de traitement selon la revendication 5 ou 6, dans laquelle le dispositif de blocage (206) comprend une vanne de régulation (212) positionnée au niveau des orifices de reprise (203).