

PROCEDE ET DISPOSITIF DE TRAITEMENT D'UN EFFLUENT ORGANIQUE

La présente invention concerne un procédé de
5 traitement d'un effluent organique, et plus
particulièrement de traitement, de conditionnement,
de coagulation, de floculation et d'oxydation
d'émulsions, d'eaux fortement colloïdales et/ou de
boues liquides, par éclatement, dispersion et
10 diffusion de celles-ci à l'intérieur d'un gaz sous
pression.

Elle concerne également un dispositif de
traitement (conditionnement, coagulation, floculation
et oxygénation) d'émulsions, d'eaux fortement
15 colloïdales et/ou de boues liquides mettant en œuvre
un tel procédé.

L'invention trouve une application
particulièrement importante bien que non exclusive
dans le domaine de la réduction de volume des boues
20 organiques ou biologiques, en vue de leur traitement
ou d'une utilisation ultérieure.

On connaît déjà des procédés de séparation entre
de la matière solide en suspension et l'effluent
liquide dans lequel elle se trouve.

25 Les techniques qui existent d'extraction de l'eau
hors des boues sont essentiellement le compactage qui
augmente la teneur (% en poids du mélange total) en
composé solide de l'ordre de 5%, la centrifugation ou
la filtration qui augmentent l'une et l'autre la
30 teneur en composé solide de 18 à 25%, et enfin le
séchage (par combustion ou épandage pendant plusieurs
semaines) qui augmente la teneur en composé solide de
90 à 95%, et ce en sachant que la teneur en poids de

composé solide des boues d'épuration avant le traitement est en général comprise entre 0,1 à 1% du poids total de l'effluent.

Tous ces traitements connus de l'art antérieur
5 présentent des inconvénients, soit liés au fait que la dessiccation n'est pas suffisante (compactage, centrifugation, filtration) soit liés au temps de traitement (séchage) ou à la consommation importante d'énergie (combustion).

10 On connaît également (FR 2 175 897) un procédé de traitement des déchets de boues où on alimente un circuit étanche comprenant une cuve, circuit dans lequel on recircule pendant plusieurs dizaines de minutes en introduisant un gaz contenant de l'oxygène
15 dans le circuit en amont de la cuve.

La rétention de la boue activée dans la cuve pendant une période de temps suffisante pour permettre la sursaturation par le gaz contenant de l'oxygène est indiquée comme permettant l'élimination
20 de façon importante des solides en suspension.

Un tel procédé, outre qu'il est long, met en œuvre un dispositif assez compliqué, source de nombreux colmatages.

On connaît également un procédé de décolloïdation
25 par choc d'au moins deux flux en vis à vis dans une petite enceinte dans laquelle on bulle de l'air.

Bien qu'assez efficace ce procédé est essentiellement applicable à des boues très minéralisées (c'est à dire présentant un % de matière
30 organique sur 100% en poids de matière sèche inférieur à de 5 à 15%).

On connaît aussi (FR 2 966 818) un procédé de séparation entre liquide et matière en suspension

d'une boue, dans lequel on injecte de la boue et de l'air à gros débit dans une enceinte de faible volume.

Le procédé permet la séparation de l'eau liée aux colloïdes organiques.

Un tel procédé ne permet pas cependant l'élimination de certains éléments contaminant les boues organiques, par exemple chargées en ammoniacque.

L'asséchage des boues obtenues avec un tel traitement, peut par ailleurs être amélioré, un gain ne serait que de un % en siccité par rapport à l'art antérieur entraînant des économies importantes en transport et en coût d'élimination.

Ainsi, pour les utilisateurs de station de traitement de boues, le retour sur investissement en coût d'exploitation justifie-t-il très vite une petite amélioration.

La présente invention vise à fournir un procédé et un dispositif répondant mieux que ceux antérieurement connus aux exigences de la pratique, notamment en ce qu'elle va permettre une déshydratation améliorée, en particulier lorsqu'elle est mise en œuvre en combinaison avec des techniques connues de centrifugation ou pressage/filtration, et ce tout en permettant une meilleure décontamination des boues notamment chargées en ammoniacque, de façon très rapide, l'utilisation du procédé selon l'invention ne nécessitant que quelques secondes ou minutes avant l'obtention d'un résultat.

En particulier, ce procédé permet d'obtenir d'excellents résultats pour des boues très organiques, c'est à dire essentiellement chargées en

phospholipides, polysaccharides, résidus bactériens, acides gras volatils etc...

Il est également possible d'obtenir un rendement optimisé lorsqu'il est combiné avec un outil de
5 séparation complémentaire disposé en aval du dispositif (filtre à bande ou centrifugation), améliorant de plus de 10% la dessiccation, par exemple de 25%.

Avec l'invention, les installations existantes
10 peuvent être facilement améliorées, et ce à faible coût du fait d'une faible consommation électrique et de l'utilisation raisonnable en quantité des utilités mises en œuvre (air comprimé, réactif...).

De plus, le procédé utilise un dispositif simple
15 dont le fonctionnement en continu présente peu de contraintes d'exploitation, contrairement aux dispositifs de l'art antérieur comme les centrifugeuses par exemple.

L'invention permet également l'obtention d'un
20 résidu solide, sous forme de galette poreuse déshydratée, sans odeur, ou avec une odeur d'humus, particulièrement facile à réutiliser et/ou à épandre.

Dans ce but, l'invention propose notamment un procédé de traitement d'un effluent dans lequel, on
25 alimente avec ledit effluent, en flux continu à un débit $q(m^3/h)$, une enceinte ou un récipient maintenu à une pression moyenne déterminée en injectant de l'air dans ladite enceinte à un débit $Q(Nm^3/h)$ pour obtenir une émulsion dans ladite enceinte, et on crée
30 une perte de charge avant récupération de l'émulsion dans un dispositif de filtration ou de décantation, caractérisé en ce que

la boue étant de la boue organique, l'alimentation en effluent de l'enceinte ou récipient dite deuxième enceinte se fait, via une première enceinte maintenue à une première pression déterminée (P_1) et/ou
5 directement,
et en ce que
on crée la perte de charge déterminée dans l'émulsion par au moins une restriction ou une vanne d'alimentation d'une troisième enceinte maintenue à
10 une troisième pression déterminée dans la zone située en aval immédiat de ladite restriction et/ou vanne,
et on injecte un flocculant dans ladite zone de la troisième enceinte pour former à la sortie du traitement une émulsion d'air dans la boue flocculée
15 épaissie, puis on dégaze ladite émulsion à la pression atmosphérique avant évacuation.

Avantageusement l'alimentation en effluent de l'enceinte ou récipient se fait au travers d'une restriction, la perte de charge déterminée dans
20 l'émulsion étant créée par une deuxième et/ou une troisième restriction. Le nombre de restriction peut également être encore augmenté.

On réalise donc ainsi une ou des séquences pression/dépression qui de façon surprenante créent
25 un état de la matière (émulsion) permettant d'obtenir in fine un gain en siccité supérieur.

On ne cherche pas ici la porosité mais l'extraction de l'eau, en jouant sur le gradient pression/dépression interactif et/ou itératif.

30 Plus précisément, on utilise le paramètre pression pour travailler la boue organique au niveau de ses liaisons colloïdes, l'apport énergétique étant amené par la pression notamment au droit des organes

créateurs de perte de charge, en permettant une ou des surpressions locales assez fortes.

Ainsi en exerçant une première pression, on produit une contrainte forte sur la boue. Celle-ci étant une structure colloïdale faite de matière organique et d'eau, cette pression amène une énergie capable de déstabiliser/casser les liaisons électrostatiques (type coulombiennes) ou dipolaire (type van der waals). Elle fait de ce fait sortir l'eau des fractions organiques.

La dépression suivante va quant à elle produire un mouvement d'accélération des boues et une expansion/étirement vers la zone de moindre pression poursuivant l'effet de déstabilisation/destruction des colloïdes et un effet de cassage des liaisons.

Enfin, à nouveau, on entre dans une séquence de compression puis dépression... pour prolonger/amplifier/produire les effets énoncés plus haut.

Séquence après séquence on crée donc un état de la matière (émulsion) différent permettant d'atteindre l'effet escompté.

Celle-ci peut être à chaque fois encore améliorée en ajoutant une nouvelle séquence de pression/dépression de plus.

La floculation est quant à elle et simplement une matérialisation de la séparation de la phase.

Par pression moyenne on entend une pression moyenne sur le volume de l'enceinte.

On note par ailleurs que l'injection d'air dans le courant de l'effluent lui-même introduit avec une restriction entraînant une perte de charge, crée une aspiration violente de l'air au passage du flux.

Dans l'essentiel du dispositif, l'émulsion est de la boue (phase dispersée) dans l'air (phase continue) qui l'enrobe.

L'émulsion de la boue dans l'air est donc le
5 résultat des actions pression/dépression dues aux restrictions successives telles que revendiquées.

Il est rappelé par ailleurs que la valeur des débits gazeux est classiquement donnée en Nm^3/h (normomètre cubes/h), le volume (en Nm^3/h) étant ici
10 considéré à sa valeur rapportée à une pression de 1 bar, une température de 20° C et 0 % d'humidité comme cela est naturellement admis et compris par l'homme du métier, ingénieur dans le domaine du génie chimique.

15 En présence même d'une légère dépression, on observe en effet une très bonne dispersion de la boue dans le lit gazeux, sachant qu'au passage par les zones de restriction la pression est localement forte et peut amener à une inversion des proportions.

20 Dans ces zones, la pression s'élève et l'air pénètre mieux la boue, accentuant probablement de ce fait l'effet de porosité exceptionnel observé avec l'invention.

Grâce à ces phénomènes d'émulsion et/ou
25 d'inversion d'émulsions, l'air vient au contact de la boue de façon intime, la floculation figeant le couple air/eau de façon favorable à la désodorisation, la flottation des floccs de boues et leur déshydratation.

30 On a ainsi pu observer une grande porosité des floccs de boues avec des bulles millimétriques (de 1 à 5 mm) alors que, lors d'une flottation classique, des

bulles micrométriques sont créées et servent de média tensioactif de la matière organique.

Dans ces cas connus, la matière monte à la surface à une vitesse de quelques mètres par h, amenant les
5 bulles à s'éclater à la surface du flottateur en laissant éventuellement retomber les flocs en zone moyenne puis en fond de la cuve, la boue ayant une densité légèrement supérieure à l'eau.

Avec l'invention, les flocs ont eux-mêmes une
10 densité largement inférieure à celle de l'eau (masse volumique de la boue de 0,6 à 0,9 g/cm³).

Cette caractéristique très spécifique permet à la boue une grande qualité de flottation, effectuée avec une vitesse améliorée qui rend pérenne de la
15 séparation de phases.

Selon un mode de réalisation, des moyens permettant d'apporter des chocs/dispersion dans le lit fluidisé gazeux sont prévus. Par exemple chaque enceinte est agrémentée de systèmes hydrauliques
20 simples tels que des parois perpendiculaires au flux, des systèmes de ressorts des anneaux raschig etc ...

Avantageusement, l'effluent est introduit dans une enceinte (première ou deuxième enceinte) de petite taille, correspondant par exemple à un volume $\leq 0,5$ %
25 du volume d'effluent passé par heure, (débit) i.e. 50 l pour 10m³/h de boue, par exemple 30 l, voire inférieur ou égal à 5 l. Ceci permet une perte de charge brusque dans le flux de boue par exemple alimentée par des pompes de 10 bars de hauteur d'eau.

30 Cette première enceinte (ou la deuxième enceinte) est par exemple fermée par une sortie réduite formant venturi, permettant de la maintenir à une surpression ≥ 4 bars absolus, par exemple 5 bars absolu.

La sortie de la première enceinte s'effectue donc par une première et/ou une deuxième restriction favorable à la pénétration de l'air dans l'effluent, injecté en aval de la restriction, par exemple à 10
5 Nm^3/h dans la deuxième enceinte.

En aval, plus ou moins immédiat de cette première restriction une deuxième restriction en tête d'une troisième enceinte et/ou une troisième restriction en tête d'une quatrième enceinte sont par exemple
10 prévues.

Selon le mode de réalisation de l'invention plus particulièrement décrit ici, et en aval plus ou moins immédiat de cette deuxième restriction (quelques centimètres, 1 m ou quelques mètres) il est par
15 ailleurs injecté un flocculant qui permet de piéger des bulles micro et millimétriques au contact de la matière en suspension.

Se produit alors un phénomène très intéressant de flottation immédiate des boues, avec une vitesse ascensionnelle de 50 voire 100 et plus m/h. En
20 comparaison les techniques de flottation classiques de boues permettent une vitesse ascensionnelle de 2 à 6 m/h.

Ce phénomène inattendu permet de constituer un
25 matériau auto-drainant à partir de boue colloïdale.

Dans des modes de réalisation avantageux, on a de plus et/ou en outre recours à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

- la première enceinte est de volume inférieur à
30 3200 cm^3 , voire à 30 l la première pression étant comprise entre 4 et 10 bars absolus, le débit q étant compris entre 5 m^3/h et 30 m^3/h , la deuxième pression étant comprise entre 1,2 bars et 4 bars absolus, le

débit d'air Q étant compris entre 5 Nm³/h et 200 Nm³/h, et la troisième pression étant comprise entre 1,05 bar et 2 bars absolus ;

- on alimente en émulsion une enceinte
5 intermédiaire entre les deuxième et troisième enceintes ;

- on injecte une deuxième fois de l'air en aval de la première injection dans ladite enceinte intermédiaire, située entre la deuxième et la
10 troisième enceinte à un débit Q' par exemple compris entre 50 et 200 Nm³/h voir plus (i.e. > 200 Nm³/h par exemple 500 Nm³/h ou 1000 Nm³/h) ;

- les première, deuxième et/ou troisième restrictions sont formées par des venturis ;

15 - la deuxième enceinte est une colonne de diamètre moyen d et de hauteur $H \geq 10 d$, par exemple une colonne > 2 m, par exemple de 3 m par exemple de 5 m ;

- le flocculant est un polymère injecté en sortie
20 immédiate (quelques centimètres, par exemple entre 5 cm et 10 cm) de la deuxième ou troisième restriction ;

- on recycle une partie de l'émulsion flocculée dans la première enceinte, par exemple en 1/10^e et
25 1/5^e du débit ou entre 5 % et 30 % du volume de boue sortie du dispositif, par exemple 10 % ou 20 %. Ceci permet d'abaisser la consommation globale de polymère ;

- on effectue un traitement des boues en aval de
30 l'enceinte tubulaire par centrifugation, filtration et/ou pressage ;

- l'air injecté peut être chauffé.

L'invention propose également un dispositif mettant en œuvre le procédé tel que décrit ci-dessus.

Elle concerne aussi un dispositif de traitement en continu d'une boue, comprenant des moyens
5 d'alimentation de ladite boue en flux continu à un débit q , d'une enceinte ou récipient maintenu à une pression moyenne déterminée, des moyens d'injection d'air dans ladite enceinte à un débit Q , pour obtenir une émulsion dans ladite enceinte, une restriction ou
10 vanne agencée pour créer une perte de charge déterminée dans l'émulsion et des moyens de récupération de l'émulsion ainsi dégazée dans un dispositif de filtration ou de décantation, caractérisé en ce que, l'enceinte ou récipient étant
15 dit deuxième enceinte, et le dispositif étant agencé pour traiter de la boue organique, les moyens d'alimentation de ladite deuxième enceinte sont agencés pour l'alimenter, via une première enceinte maintenue à une première pression déterminée
20 et/ou directement, et en ce que le dispositif comprend de plus au moins une restriction ou une vanne agencée pour créer une perte de charge déterminée dans l'émulsion et une troisième enceinte maintenue à une troisième pression
25 déterminée dans la zone située en aval immédiat de ladite restriction, ainsi que des moyens d'injection d'un floculant dans ladite zone de la troisième enceinte, et des moyens de dégazage de ladite émulsion à la pression atmosphérique.

30 Avantageusement les moyens d'alimentation comprennent une première restriction en amont de la deuxième enceinte, la perte de charge déterminée dans

l'émulsion étant créée par une deuxième et/ou troisième restriction.

Dans un mode de réalisation avantageux les moyens de dégazage sont situés à l'autre extrémité de la
5 troisième enceinte par rapport à la zone située en aval immédiat de ladite restriction.

Avantageusement il comprend de plus une enceinte intermédiaire entre les deuxième et troisième
enceintes et des moyens d'injection d'air en aval de
10 la première injection dans ladite enceinte intermédiaire.

Egalement avantageusement les première, et deuxième restrictions sont formées par des venturis.

Dans un autre mode de réalisation avantageux la
15 deuxième enceinte est une colonne de diamètre moyen d et de hauteur $H \geq 10 d$.

En variante, on peut ajouter un réactif améliorant les chocs entre les particules de boues. Il peut par exemple être utilisé à hauteur de 10%, 5%, 1% du taux
20 de MS des boues.

Ce réactif est par exemple du sable, du carbonate de calcium, de la chaux éteinte, etc... Il est introduit en amont de la colonne par exemple au sein
d'une cuve de mélange avec la boue liquide (non
25 représentée).

Il peut également être apporté des réactifs d'oxygénation.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit de modes de réalisation donnés
30 ci-après à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent dans lesquels :

La figure 1 est un schéma de principe d'un dispositif selon le mode de réalisation de l'invention plus particulièrement décrit ici.

La figure 2 est un mode de réalisation d'un autre
5 dispositif selon l'invention.

La figure 3 montre un autre mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention.

La figure 1 montre schématiquement un dispositif 1 épaisseur de boue 2 aspirée par des moyens 3
10 (pompe) à partir d'un réservoir ou bassin de stockage 4.

Le dispositif 1 comprend une première enceinte 5 de petit volume par exemple cylindrique ou cubique, par exemple de volume 10 l, de réception de la boue
15 liquide, par exemple à une première pression déterminée P_1 un peu inférieure à la pression P_0 de sortie de la pompe d'alimentation 3, du fait des pertes de charges du circuit d'alimentation 6 (tube flexible par exemple). Le débit q de la pompe est par
20 exemple compris entre 5 m³/h et 50 m³/h par exemple 10 m³/h, et la première pression déterminée P_1 est de 2 bars absolus, P_0 étant par exemple de 2,2 bars absolus.

L'enceinte 5 comprend à sa sortie une restriction
25 7, par exemple formée par un orifice ou ajutage 8, rond, par exemple de diamètre 2 cm, dans une paroi intermédiaire 9, de séparation avec une deuxième enceinte 10, de plus grand volume, par exemple 200 l.

La deuxième enceinte 10, par exemple cylindrique
30 est à une deuxième pression P_2 (par exemple 1,8 bar absolu) et est alimentée par exemple en partie basse par de l'air 11 à très fort débit $Q = 500 \text{ Nm}^3/\text{h}$, et une pression de plusieurs bars, par exemple 5 bars

créant dans la chambre 12 formée par l'enceinte une émulsion 13 de gouttelettes de boue 14 qui s'évacue par l'intermédiaire d'une deuxième restriction 15 similaire ou identique à la restriction 7.

5 L'injection d'air dans l'émulsion juste après l'introduction de la boue dans la chambre, facilite le mélange qui se fait dans la partie en accélération après l'ajutage (effet éjecteur à air).

La deuxième restriction 15 débouche sur une
10 enceinte intermédiaire 18, par exemple de volume plus important, par exemple 500 l, formé par un cylindre 19 dont l'intérieur est à une troisième pression P_3 , par exemple de 1,6 bars absolu.

Une deuxième injection d'air 20 en partie basse de
15 cette enceinte intermédiaire augmente encore la parcellisation ou dilution de la boue dans l'air, l'injection se faisant par exemple à un débit Q' de $200 \text{ Nm}^3/\text{h}$, avec par exemple $50 \text{ Nm}^3/\text{h} < Q' \leq Q$.

L'enceinte intermédiaire 18 alimente quant à elle
20 et dans le mode de réalisation décrit ici, via une troisième restriction ou ajutage 21, une troisième enceinte 22, également cylindrique, par exemple de hauteur 3 m, à une quatrième pression P_4 décroissante de l'entrée de l'enceinte en 23 à 1,2 bars jusqu'à la
25 pression atmosphérique en partie haute.

La quatrième enceinte comprend une alimentation en floculant 24 (par exemple un polymère connu) à un débit q' , par exemple fonction du type et du débit de boue, qui pourra être apprécié par l'homme du métier
30 de façon connue en elle-même pour obtenir une bonne floculation.

Les boues s'évacuent ensuite par exemple gravitairement via une tubulure 25 éventée dans un

sac filtrant 26, l'eau épurée 27 étant évacuée vers le bas et la boue épaissie étant quant à elle récupérée par exemple par pelletage pour constituer des blocs épaissis 29, par exemple d'un facteur 20
5 par rapport à la boue liquide 2 en entrée (τ de MS multiplié par 20 avant égouttage dans le sac filtrant).

La figure 2 montre un autre mode de réalisation d'un dispositif 30 de traitement de boues liquides 31
10 introduites à une portion d'extrémité 32 d'un récipient 33 allongé autour d'un axe 34 et de hauteur H déterminée, par exemple 1 m.

Le récipient est maintenu à une pression moyenne P' par exemple de 2 bars absolus, et est formé par un
15 cylindre de diamètre d par exemple de 150 mm.

La boue alimente, par exemple par restriction, via une zone réduite 35, par exemple de 10 l située à la portion d'extrémité 32 également alimentée au bout du récipient et en amont de l'introduction de la boue
20 par une arrivée d'air 36 par exemple à une pression $P'' > P'$, par exemple 2,5 bars absolus.

L'air est alimenté à très fort débit Q' par exemple 100 Nm³/h, la boue étant quant à elle introduite à un débit Q par exemple de 10 m³/h.

25 La boue 31 éclate dans l'air qui est en surpression, une légère dépression ΔP existant entre le récipient à l'arrivée de la boue en 35 et la sortie de l'émulsion de boue en aval 37 du récipient.

A la sortie du récipient 33 existe un venturi 38
30 et/ou une vanne de régulation générant une perte de charge par exemple de 0,4 bar, l'émulsion de boue étant ici évacuée dans une enceinte tubulaire 39 comprenant une première partie 40 cylindrique de

diamètre d' (par exemple $d' = \underline{d}$) qui se trouve à une pression $P'_1 < P'$, par exemple ici de 1,6 bars (dans l'exemple pris), dans laquelle peut être injecté, en aval du venturi, et à proximité de celui-ci (par exemple à 10 cm pour permettre un bon brassage), un réactif en 41, et/ou à nouveau de l'air (piquage 42).

Dans ce mode de réalisation, l'enceinte tubulaire comprend également une deuxième partie cylindrique 43, séparée de la première partie 40 par un deuxième venturi 44, ladite deuxième partie étant de diamètre d'' avec par exemple $d' = d'' = d$.

En aval du venturi 44, et à proximité de celui-ci (1 à 10 cm) est prévu une alimentation 45 en floculant, avec des moyens connus en eux-mêmes (pompe doseuse etc...), et un évent 46 de mise à l'atmosphère et/ou une sortie 47 de boue ouverte à l'atmosphère, la pression P'_2 dans cette deuxième partie étant donc très rapidement portée à la pression atmosphérique, par exemple de 1,3 bar à la sortie du venturi pour passer rapidement à 1 bars = 1 atmosphère à la sortie 47, l'émulsion devenant après l'ajout du floculant une émulsion d'air dans les flocons de boues, qui s'écoulent gravitairement sur la fin.

La longueur totale de l'enceinte $L_2 \approx l_1 + l_2$, est par exemple de 10 m, avec $l_1 = 3$ m et $l_2 = 7$ m, mais d'autres valeurs sont possibles, la proportion entre l_1 et l_2 étant en général, mais non limitativement telle que $l_1 < l_2$.

Le dispositif 30 comprend de plus un filtre 48 et/ou un bac de décantation pour évacuation de l'eau épurée 49 en partie basse et de la boue déshydratée 50 en partie haute.

On a représenté sur la figure 3 un troisième mode de réalisation d'un dispositif 51 selon l'invention.

Le dispositif 51 comprend un récipient 52 alimenté par un piquage 53 en partie basse formant alors par exemple une restriction, en boue liquide, et par exemple en dessous (mais cela peut être également au-dessus ou au même niveau) de ce piquage 53, alimenté en air comprimé à fort débit par un deuxième piquage 54.

Plus précisément le récipient est formé par une colonne verticale 55 comprenant une première partie formant un réservoir 56 de mélange/brassage très violent de l'air et de la boue, de petites dimensions par exemple cylindrique de hauteur $h_1 = 50$ cm et de diamètre d_1 30 cm soit un volume de l'ordre de 35 l, permettant d'obtenir la première émulsion 57 de gouttelettes 58 de boue cassée.

Cette émulsion de gouttes dans un fort flux ascendant d'air en pression pénètre ensuite dans une conduite cylindrique 59, prolongeant le réservoir 56, de plus petit diamètre $d_2 < d_1$ par exemple de 10 cm de diamètre et qui s'étend sur une longueur h_2 par exemple de 1 m (avec $L_1 = h_1 + h_2$).

Dans cette colonne d'air, le flux gazeux effectue un arrachage (stripping en langue anglo-saxonne) des gaz contenus et/ou issus des boues et notamment de l'ammoniac NH_3 , réalisant de façon étonnante et dépendante des conditions de fonctionnement et des boues organiques traitées, une élimination quasi complète des gaz indésirables (< quelques ppm) piégés dans les boues.

La longueur l_2 est avantageusement dimensionnée pour ce faire par l'homme du métier.

En haut 60 de l'enceinte, une vanne 61 de régulation et/ou une soupape est prévue, d'évacuation vers une enceinte tubulaire 62.

La pression de l'émulsion 57 passe de P_1'' (par exemple 3 bars) dans le réservoir initial 56, à P_2'' (2,890 bars) un peu inférieure à P_1 en partie haute de la colonne 59 du récipient, au niveau de la vanne 61, avec $\Delta P'' = P_2'' - P_1'' =$ quelques millibars, puis à la sortie de la vanne à $P_3'' = 2$ bars (du fait de la perte de charge de la vanne).

Plus précisément l'enceinte 62 comprend un premier tronçon 63 de longueur l_3 par exemple 5 m, qui se termine par un venturi 64 faisant passer la pression $P_3''' < P_3''$ à l'extrémité 65 du premier tronçon à une pression P_4'' dans un deuxième tronçon 66 de l'enceinte en pente granitaire, muni d'un évent 67, le tronçon 66 étant de longueur l_4 par exemple 1 m, avec $L_2 = l_3 + l_4$.

Le tronçon 66 est connecté au filtre 68 de séparation des matières en suspension 69 de la partie liquide 70, que l'on vide en continu en 71, de façon connue en elle-même.

Selon l'invention l'enceinte comprend des moyens 72 d'alimentation en flocculant 73 à partir d'un réservoir 74 de préparation par brassage et mélange. Une pompe doseuse 75 amène le flocculant dans l'émulsion de boue qui sort du récipient 52 au niveau de la sortie de la vanne 61, ou à proximité immédiate (i.e. quelques cm) dans une zone 76 assez perturbée du fait de la perte de charge générée par ladite vanne 61. P_3'' est ici et par exemple passé de $P_2'' \approx 2$ bars à $P_3'' = 1,4$ bar, P_4'' étant quant à elle à la

pression atmosphérique, ou sensiblement à la pression atmosphérique du fait de l'évent 67.

Dans ce mode de réalisation, il a également été prévu une arrivée d'air complémentaire 77, injectée
5 par exemple avec le flocculant par le piquage 78, ou en parallèle.

L'émulsion 79 à la sortie du traitement avec le flocculant devient une émulsion d'air dans la boue flocculée épaissie.

10 Les deux tronçons 63 et 66 sont par exemple cylindrique de même diamètre d_3 par exemple égal au diamètre moyen du récipient par exemple $\frac{d_1 + d_2}{2}$.

2

Pour 10 m³/h de boue liquide, un flux d'air de 60
15 Nm³/h minimum, et ce quelque que soit le mode d'injection, le récipient présentant une section de 200 mm pour une hauteur de 5 m, 10 m, 30 m ou plus, on observe un effet de stripping (en langue anglo-saxonne) (arrachage des gaz piégés) très fort, l'air
20 étant intimement mêlé à la boue.

Concernant le flocculant, on utilisera de préférence un polymère par exemple cationique.

Exemple, pour une boue contenant 7g/l de MS, on utilise 50 g de polymère brut, par exemple préparé à
25 5g/l soit une injection de 10 l de solution par m³ de boue. L'injection s'effectue en sortie immédiate de la colonne du récipient.

En variante, on peut ajouter un réactif améliorant les chocs entre les particules de boues. Il peut par
30 exemple être utilisé à hauteur de 10 %, 5 %, 1 % du taux de MS des boues, comme vu précédemment.

Ce réactif est par exemple du sable, du carbonate de calcium, de la chaux éteinte etc... Il est introduit

en amont de la colonne par exemple au sein d'une cuve de mélange avec la boue liquide (non représenté).

Il peut également être apporté des réactifs d'oxydations.

5 Dans certaines applications, par exemple lorsque les boues contiennent beaucoup d'acides gras organiques ou que ces boues sont des boues issues de méthaniseur, on observe en effet d'excellents résultats.

10 Par exemple dans des proportions de 1 l de H₂O₂ ou 1 l de S₂O₈ pour 1 m³ de boue contenant 40 g/l de MS.

Il peut également y avoir apport de réactif d'aide à la coagulation des matières organiques complémentaires.

15 Par exemple, pour une boue de 11 g/l de MS et 8% de MV (Matière Volatile soit matière organique / matière sèche) (environ matière organique/ matière sèche (?)) et pour 500 ml de boue, il est apporté 1 ml de FeCl₃ (solution à 10%) soit à l'introduction du
20 liquide dans la colonne, soit avant l'introduction de flocculant (après colonne).

A titre d'exemple il a été réalisé des tests sur boue biologique avec filtre bande, à partir de boues chargées de 26 à 30 g/l en MS avec :

25 $Q' = 50 \text{ à } 80 \text{ Nm}^3/\text{h}$

$P = 1,7 \text{ bar}$ de pression du récipient/réacteur

$Q = 3 \text{ à } 15 \text{ m}^3/\text{h}$

A la sortie du procédé on obtient des boues à l'aspect poreux, secs, avec un séchage accéléré et
30 une siccité de 25 à 35%.

On observe ainsi que, de façon étonnante et par simple décantation, l'eau permet à son eau déliée de s'évacuer directement gravitairement.

La boue s'assèche alors progressivement, passant de 100 g/l de MS après la 1ère heure, à 130 g/l après 2 h, 160 g/l après 5 h, 350 g/l après 1 mois. (big bag).

5 D'autres exemples de traitement suivant le procédé mis en œuvre, par récupération sur benne filtrante ou sacs filtrants (big bag en langue anglo-saxonne) donnent :

Benne filtrante ; Ex 2 : 130 g/l après 20h et 180 g/l
10 après 8 j

Benne filtrante ; Ex 3 : 100 g/l après 5 h, 130 g/l après 7 j.

Big bag ; Ex 4 : 100 g/l après 24h, 115 g/l après 7j et 221 g/l après 1 mois.

15 Big bag ; Ex 5 : 144 g/l après 24h, 154 g/l après 7j et 459 g/l après 1 mois.

Big bag ; Ex 4 : 120 g/l après 24h (alors qu'il a plu toute la nuit) et 402 g/l après 1 mois.

A noter que la boue traitée selon l'invention est
20 au départ liquide.

Jusque 30 g/l une dilution n'est a priori pas requise. Mais si la boue est plus dense, par exemple au-delà de 40 g/l, on pourra procéder à une dilution en entrée du dispositif pour permettre un bon
25 fonctionnement du pompage de la boue, qui est rappelons-le une boue organique, c'est à dire dont le taux de MO (Matière Organique) sur le taux de MS (Matière en Suspension) se situe entre 65 % et 85 %. Par Matière Organique on entend essentiellement des
30 phospholipides, polysaccharides, protéines, alcalins, alcalino terreux et/ou métaux etc....

On a donné ci-après un autre exemple de fonctionnement, cette fois en référence à la figure 2

simplifiée (on s'affranchit de la première portion d'enceinte).

Le récipient 33 forme une première chambre en forme de tuyau de 20 cm de diamètre et de 50 cm de longueur, dans laquelle on introduit au débit $Q = 10$ m³/h, une boue organique (issue d'un clarificateur de station d'épuration communale) à 6 g/l de MS et de l'air comprimé à 50 Nm³/h d'air à 1,9 bar grâce à un surpresseur.

Un orifice de 5 cm² ferme cette chambre sur une longueur de 10 cm.

En aval immédiat de celui-ci, on introduit dans l'enceinte 43 un floculant par exemple dosé à 10 g/l.

La pression post orifice chute progressivement pour arriver à l'atmosphère après quelques mètres.

Par exemple : l'enceinte 43 qui forme une chambre post orifice est aussi un tuyau de 3 m de longueur et 20 cm de diamètre.

A l'extrémité de l'enceinte, l'ensemble des flux rejoint par exemple une poche filtrante (filtre 50) au seuil de coupure de 500 μ m donnant immédiatement une siccité de 10% (ou 100 g/l) et un filtrat clair en 49 de 50 mg d'oxygène (O₂) par litre (DCO).

Les réactifs sont introduits liquides par des pompes doseuses. Classiquement, plus les boues sont concentrées plus les réactifs doivent être préparés dilués.

La sortie du dispositif s'effectue à l'atmosphère. Mais la mise à l'atmosphère peut éventuellement être régulée dans un mode de réalisation de l'invention, de façon à récupérer la pression de l'appareil de séparation aval.

Les appareils aval sont classiques. On constate que leur efficacité sur la déshydratation est améliorée d'au moins 3%, exemple pour une centrifugeuse qui donne un résultat de 23% de siccité
5 soit 230 g/l de MS, le dispositif placé en amont permet d'atteindre in fine au minimum 26% de siccité soit 260 g/l de MS.

Les appareils utilisables en aval sont les :

- Poches filtrantes (100, 300, 500 µm ou plus)
10 ouverte ou fermé
- Flottateurs
- Epaisseurs mécaniques
- Presses à vis
- Filtres bandes
- 15 • Centrifugeuses
- Filtres presse

A la sortie, les boues peuvent bien évidemment être utilisées en épandage sur le sol, sans ou après compostage, seules ou avec des déchets verts ou
20 autres.

Elles peuvent aussi être séchées sur des lits de séchages simples ou solaires.

On remarque que curieusement, les boues obtenues sont « non odorantes » et ne fermentent pas avec le
25 temps (fermentation anaérobie)

En fait, l'énorme dilution avec l'air permet aux boues de posséder un pouvoir de déshydratation élevé, dû à la présence des bulles d'air.

On a produit ci-après les résultats obtenus avec
30 le dispositif 1 selon l'invention dans les tableaux I, II, III, combinés en aval avec des appareils indiqués, à différents débits de boue.

TABLEAU I : Dispositif + filtre bande

Test	Siccité Boue entrée dispositif	Débit de boue M ³ /h	Débit d'air Nm ³ /h	Presssion P bar	Siccité sortie filtre	Remarques	Longueur L ₂
2	10	7,8	80	1, 7	14	Boue diluée	6m
3	10	7,8	95	1,2	16,5	Boue diluée	3m

TABLEAU II : Dispositif 1 + big bag

5

Essai	Type d'essai	Date d'essai	Siccité immédiate	Siccité à 1 j	A 1 mois
T0	Témoin sans dispositif uniquement big bag filtrant	05/04	8 %	10 %	22 %
TESTS 10 JOURS	Dispositif + big bag filtrant Débit de 3 à 12 m ³ /h	Mi-avril	10 à 11 %	14,5 à 15,5 %	45,9 % à 53,5 %

On observe que grâce à une concentration des boues optimisée, obtenue avec l'invention, par exemple de 70 à 130 g/l de MS, celle-ci va très
10 favorablement maximiser la fonction de déshydratation par des outils tels que les centrifugeuses ou un filtre presse, permettant d'améliorer considérablement le rendement de ceux-ci. En effet, l'eau déliée ayant été extraite par le procédé décrit
15 ci-avant, cela permet d'améliorer quasiment systématiquement d'au moins 100 g/l, le taux de MS des boues en sortie.

Comme il va de soi et comme il résulte également de ce qui précède, la présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation plus particulièrement décrits. Elle en embrasse au
5 contraire toutes les variantes et notamment celles où le nombre de portions et/ou tronçons d'enceinte est différent, par exemple supérieur à trois, ou encore le récipient est horizontal avec un seul tronçon.

REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement d'un effluent dans lequel on alimente avec ledit effluent, en flux continu à un débit $q(\text{m}^3/\text{h})$, une enceinte ou récipient (10, 33, 55) maintenu à une pression moyenne déterminée (P_2 , P' , P''_1 , P''_2) en injectant de l'air dans ladite enceinte à un débit Q (Nm^3/h) pour obtenir une émulsion dans ladite enceinte, et on crée une perte de charge avant récupération de l'émulsion dans un dispositif de filtration ou de décantation, caractérisé en ce que la boue étant de la boue organique, l'alimentation en effluent de l'enceinte ou récipient (10, 33, 55) dite deuxième enceinte se fait, via une première enceinte (5) maintenue à une première pression déterminée (P_1) et/ou directement et en ce que on crée une perte de charge déterminée dans l'émulsion par une deuxième (15, 38) et/ou une troisième (21, 44) restriction ou une vanne (61) d'alimentation d'une troisième enceinte (22, 39, 62) maintenue à une troisième pression déterminée (P_3 , P' , P''_3) dans la zone (79) située en aval immédiat de ladite restriction et/ou vanne (61), et on injecte un flocculant (24, 45, 78) dans ladite zone de la troisième enceinte pour former à la sortie du traitement une émulsion d'air dans la boue flocculée épaissie, puis on dégaze (46, 67) ladite émulsion à la pression atmosphérique avant évacuation.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'alimentation en effluent de

l'enceinte ou récipient se fait au travers d'une restriction, la perte de charge déterminée dans l'émulsion étant créée par une deuxième et/ou une troisième restriction.

5 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la première enceinte (7) est de volume inférieur à 3200 cm³, la première pression étant comprise entre 4 et 10 bars absolus, en ce que le débit q est compris
10 entre 5 m³/h et 30 m³/h, la deuxième pression (P_2 ; P' ; P_1'' ; P_2'') est comprise entre 1,2 bars et 4 bars absolus, le débit d'air Q étant compris entre 5 Nm³/h et 200 Nm³/h, et la troisième pression (P_3 ; P' ; P_3'') est comprise entre 1,05 bar et 2 bars
15 absolus.

 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on alimente en émulsion une enceinte intermédiaire (18, 40) entre les deuxième (10, 33) et troisième
20 enceintes (22, 43).

 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on injecte une deuxième fois de l'air en aval de la première injection dans une enceinte intermédiaire
25 située entre la deuxième et la troisième enceinte à un débit Q'.

 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les première, deuxième et/ou troisième restrictions (7, 38, 21, 44) sont formées par des venturis.
30

 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la

deuxième enceinte ou récipient (10, 33) est une colonne de diamètre moyen d et de hauteur $H \geq 10 d$.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le
5 flocculant est un polymère injecté en sortie immédiate de la vanne (61) de la deuxième (44) ou troisième (21) restrictions.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que on
10 recycle une partie de l'émulsion flocculée dans la première enceinte.

10. Dispositif (1) de traitement en continu d'une boue comprenant des moyens d'alimentation de ladite boue en flux continu à un débit q , d'une
15 enceinte ou récipient (10, 33, 55) maintenu à une pression moyenne déterminée, des moyens d'injection d'air dans ladite enceinte à un débit Q , pour obtenir une émulsion dans ladite enceinte, une restriction ou vanne agencée pour créer une perte de charge
20 déterminée dans l'émulsion et des moyens de récupération de l'émulsion ainsi dégazée dans un dispositif (26, 48, 68) de filtration ou de décantation, caractérisé en ce que, l'enceinte ou récipient étant dit deuxième enceinte, et le
25 dispositif étant agencé pour traiter de la boue organique,

les moyens d'alimentation de ladite deuxième enceinte sont agencés pour l'alimenter, via une première
enceinte maintenue à une première pression déterminée
30 et/ou directement,

et en ce que le dispositif comprend de plus au moins une restriction (21, 44) ou une vanne (61) agencée pour créer une perte de charge déterminée dans

l'émulsion et une troisième enceinte (22, 39, 62) maintenue à une troisième pression déterminée dans la zone située en aval immédiat de ladite restriction, ainsi que des moyens d'injection d'un floculant dans ladite zone de la troisième enceinte, et des moyens (46, 67) de dégazage de ladite émulsion à la pression atmosphérique.

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que les moyens d'alimentation comprennent une première restriction d'introduction dans la deuxième enceinte, la perte de charge dans l'émulsion étant créée par une deuxième et/ou troisième restriction (21, 44).

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, caractérisé en ce que les moyens (46, 67) de dégazage sont situés à l'autre extrémité de la troisième enceinte par rapport à la zone située en aval immédiat de ladite restriction agencée pour créer une perte de charge déterminée dans l'émulsion.

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce qu'il comprend de plus une enceinte intermédiaire (18, 40) entre les deuxième (10, 33) et troisième (22, 43) enceintes et des moyens d'injection d'air (20, 42) en aval de la première injection dans ladite enceinte intermédiaire.

14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisé en ce que les première, deuxième et/ou troisième restrictions sont formées par des venturis.

15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, caractérisé en ce que la

deuxième enceinte (10) est une colonne de diamètre moyen d et de hauteur $H \geq 10 d$.