

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 06849

(54) Procédé de désinfection d'eaux résiduaires.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). C 02 F 1/72.

(22) Date de dépôt..... 6 avril 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : EUA, 7 avril 1980, n° 06/138 214; 27 août 1980, n° 06/181 780.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 41 du 9-10-1981.

(71) Déposant : Société dite : INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL, INC., résidant aux EUA.

(72) Invention de : Virgil Dean Adams et James H. Reynolds.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Rinuy, Santarelli,
14, av. de la Grande-Armée, 75017 Paris.

La présente invention a trait au domaine de la désinfection des eaux résiduaires.

Le problème de pollution posé par l'évacuation des eaux résiduaires d'égouts domestiques et industriels est un problème dont la gravité apparaît notamment dans les zones à grande densité de population. On peut dire que dans ces zones, des millions de litres d'eaux résiduaires non traitées ou traitées de façon inadaptée, provenant des égouts domestiques et industriels, sont déchargés dans des cours d'eau, des lacs, etc. L'évacuation de ces eaux résiduaires traitées de façon non satisfaisante peut engendrer de graves problèmes sanitaires, tout en étant très indésirable du point de vue esthétique. On trouve dans les eaux résiduaires municipales différents micro-organismes infectieux qui, si l'eau n'est pas désinfectée, peuvent conduire à des manifestations de gastro-entérite, de salmonellose, de shigellose, de typhoïde, d'infections des oreilles dues à Pseudomonas aeruginosa, et d'hépatite infectieuse.

Le chlore a été utilisé traditionnellement pour désinfecter l'eau et les eaux résiduaires. Toutefois, des informations récentes concernant les effets cancérigènes de composés chlorés résultant de la désinfection par le chlore ont stimulé la recherche de désinfectants moins nuisibles à l'état potentiel. On a trouvé que la chloration sans discrimination des eaux résiduaires entraîne la formation de composés halogénés qui sont toxiques envers la vie aquatique et qui peuvent être toxiques pour les êtres humains. De plus, aux Etats-Unis d'Amérique, la chloration ne peut satisfaire aux normes fédérales en perspective d'évacuation des eaux qu'avec des doses si fortes qu'une élimination coûteuse du chlore s'impose comme étape additionnelle du procédé.

Des chercheurs ont expérimenté l'utilisation de l'ozone, du dioxyde de chlore, de la lumière ultraviolette, de l'iode, du brome et du chlorure de brome comme alternatives possibles à la désinfection d'eaux résiduaires par le chlore. Bien que toutes ces alternatives permettent une désinfection efficace de l'eau et des eaux résiduaires à divers degrés, elles sont généralement plus coûteuses que

l'utilisation du chlore. Par conséquent, il existe un besoin urgent de trouver un autre désinfectant efficace, de faible prix, qui soit capable, comme aux Etats-Unis d'Amérique, de satisfaire aux normes fédérales actuelles et futures de pollution des eaux, sur le plan national et régional.

L'anhydride sulfureux SO_2 est connu depuis longtemps dans les industries de traitement des produits alimentaires et d'oenologie pour la désinfection de l'appareillage et des boissons. Par exemple, le brevet des Etats-Unis d'Amérique N° 623 105 décrit la purification d'un sirop de sucre par passage de SO_2 dans ce sirop. En outre, l'utilisation de SO_2 pour la purification d'eaux résiduaires est décrite dans les brevets des Etats-Unis d'Amérique N° 2 171 203, N° 3 522 173, N° 3 948 774 et N° 4 123 355. Dans ce procédé, une quantité suffisante de SO_2 est utilisée pour réduire le pH des eaux résiduaires, généralement dans la plage de 2 à 3.

L'utilisation de SO_2 pour la désinfection d'eaux résiduaires est une alternative intéressante du point de vue économique à l'utilisation du chlore pour la désinfection des eaux résiduaires, sans qu'il y ait le problème de la formation de composés chlorés cancérigènes. Toutefois, aucun des procédés décrits dans les brevets mentionnés ci-dessus n'a eu le moindre succès important. Ces procédés n'ont pas montré, sur une quelconque grande échelle, d'aptitude à satisfaire aux normes de l'U.S. Environmental Protection Agency de 1983 pour l'évacuation des eaux en vue de l'irrigation, de l'agrément et pour des usages industriels. Il s'agit là très vraisemblablement du résultat d'un manque de compréhension fondamentale de la manière dont un procédé d'utilisation de SO_2 pour la désinfection des eaux résiduaires doit être maîtrisé et appliqué en vue d'une désinfection rentable et efficace. De plus, de grandes quantités de SO_2 sont nécessaires.

Par conséquent, il est clair qu'il existe un besoin urgent de trouver un procédé efficace, peu coûteux et rentable pour la désinfection d'eaux résiduaires par l'utilisation de SO_2 .

L'invention est axée sur un procédé qui présente les particularités exposées ci-dessus. Elle est basée sur l'utilisation de techniques nouvelles de désinfection des eaux résiduaires par l'anhydride sulfureux. De plus, 5 l'invention est basée sur le principe fondamental selon lequel, dans la désinfection d'eaux résiduaires par SO_2 , il est essentiel de mettre le procédé en oeuvre de manière à maintenir la teneur en SO_2 libre des eaux résiduaires dans une plage efficace choisie et à maintenir la durée de contact 10 entre les eaux résiduaires et l'anhydride sulfureux libre au-dessus d'un temps effectif minimal.

Conformément à la présente invention, une eau résiduaire est désinfectée en continu par mise en présence de cette eau résiduaire avec une quantité suffisante de SO_2 pour 15 que l'eau résiduaire ait une teneur en SO_2 libre qui ne soit pas inférieure à une teneur choisie en SO_2 libre d'au moins environ 5 mg/l. De préférence, la teneur en SO_2 libre est d'au moins environ 10 mg/l et elle est inférieure à environ 200 mg/l, et elle est notamment inférieure à environ 20 150 mg/l. L'eau résiduaire traitée par SO_2 est maintenue dans une zone de traitement à la teneur choisie en SO_2 libre pendant au moins environ 10 minutes. La durée de séjour dans la zone de traitement nécessaire pour la désinfection de l'eau résiduaire croît à mesure que la teneur en SO_2 libre de 25 l'eau résiduaire décroît.

Le cas échéant, l'eau résiduaire peut être mise en présence de SO_2 et d'un acide. Dans cette version de l'invention, l'eau résiduaire est de préférence mise en présence d'une quantité suffisante de SO_2 et d'acide pour 30 qu'elle ait une teneur en SO_2 libre qui ne soit pas inférieure à une teneur choisie en SO_2 libre d'au moins environ 5 mg/l et un pH choisi inférieur à environ 4. De préférence, la teneur choisie en SO_2 libre est d'au moins environ 10 mg/l et elle est inférieure à environ 100 mg/l et notamment 35 inférieure à environ 75 mg/l. L'eau résiduaire traitée par SO_2 est maintenue dans une zone de traitement à la teneur choisie en SO_2 libre pendant au moins environ 5 minutes. La durée de séjour dans la zone de traitement nécessaire pour la

désinfection de l'eau résiduaire croît à mesure que la teneur en SO_2 libre de l'eau résiduaire décroît. De préférence, l'acide est ajouté à l'eau résiduaire après que cette dernière a été mise en présence de SO_2 , de manière à garantir l'obtention du pH désiré.

Un avantage de l'utilisation d'un acide pour réduire le pH de l'eau résiduaire au lieu de compter sur l'anhydride sulfureux pour réduire le pH de cette eau est qu'une bien plus faible quantité de SO_2 est nécessaire pour obtenir la désinfection.

L'eau résiduaire traitée est ensuite déchargée de la zone de traitement en vue d'un traitement subséquent, par exemple de l'élimination de SO_2 , d'une neutralisation et d'une aération.

Le courant d'eau résiduaire peut être traité par introduction de cette eau et de SO_2 dans un appareil de contact entre gaz et liquide. A titre de variante, l'eau résiduaire peut être mise en présence d'un courant aqueux contenant du SO_2 dissous. Le courant aqueux peut être formé d'eau résiduaire désinfectée venant du procédé de traitement, et/ou d'eau d'appoint provenant d'une source indépendante.

Dans une version de la présente invention, une première portion seulement de l'eau résiduaire est introduite dans une zone de contact gaz-liquide dans laquelle du gaz contenant SO_2 est également introduit. Il en résulte qu'au moins une portion du SO_2 est dissoute dans la première portion de l'eau résiduaire. Ensuite, une seconde portion de l'eau résiduaire est mise en présence de SO_2 par introduction de la quasi-totalité de la première portion de l'eau résiduaire contenant SO_2 directement dans une zone de mélange, et introduction d'une seconde portion de l'eau résiduaire dans la zone de mélange. On introduit une quantité suffisante de SO_2 dans la zone de contact pour que l'eau résiduaire qui se trouve dans la zone de mélange ait une teneur en SO_2 libre qui ne soit pas inférieure à une teneur choisie en SO_2 libre d'au moins environ 5 mg/l. L'eau résiduaire est maintenue à la teneur choisie en SO_2 libre pendant au moins environ 5 minutes pour l'obtention d'une désinfection satisfaisante.

Un avantage de ce procédé à courant "divisé" réside dans le fait qu'une portion seulement de l'eau résiduaire doit passer par l'appareil de contact gaz-liquide. Cela contribue à minimiser l'encrassement qui peut avoir lieu dans le cas de l'utilisation d'appareils de contact gaz-liquide tels que des tours garnies.

Le procédé de la présente invention est utile pour la désinfection efficace et rentable de courants d'eaux résiduaires, même ceux qui ont des valeurs élevées de DOB (demande en oxygène biologique) et de DOC (demande en oxygène chimique). L'eau désinfectée produite est relativement claire et inodore. De plus, du fait que du chlore n'est pas utilisé dans le procédé, les substances cancérigènes produites dans le cas de la désinfection au chlore ne constituent pas un problème.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description détaillée qui va suivre, faite en regard des dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 est un schéma de principe illustrant un procédé sans addition d'acide, conforme à la présente invention ;

la figure 2 est un schéma de principe d'un procédé avec addition d'acide conforme à la présente invention ;

la figure 3 est un schéma de principe illustrant un procédé à courant divisé avec addition d'acide conformément à la présente invention ;

les figures 4 et 5 illustrent la désinfection par destruction des coliformes au moyen de SO_2 , portant sur des eaux d'égouts traitées par épuration biologique sans addition d'acide ;

les figures 6 à 9 représentent graphiquement les résultats d'essais portant sur la désinfection par destruction des coliformes par ajustement du pH par l'acide sulfurique et par l'action de SO_2 , portant sur des eaux d'égouts traitées par épuration biologique ;

les figures 10 à 13 représentent graphiquement les résultats d'essais de désinfection par destruction des

coliformes par ajustement du pH à l'acide chlorhydrique et par l'action de SO_2 , portant sur des eaux d'égouts secondaires traitées ; et

la figure 14 représente la variation de la
5 quantité calculée de SO_2 libre en fonction du pH et de la quantité totale de SO_2 ajoutée à l'eau.

La présente invention a trait à un procédé de désinfection des eaux résiduaires. Le terme "eau résiduaire" utilisé au singulier ou au pluriel dans le présent mémoire désigne toute eau nécessitant une désinfection, par exemple
10 une eau industrielle, agricole et domestique, et certaines eaux potables. Le procédé peut être utile pour la désinfection de circuits d'eaux potables dans lesquels un effet rémanent de désinfection n'est pas nécessaire. Cela
15 s'applique en particulier à des pays autres que les Etats-Unis d'Amérique.

Le procédé de la présente invention est principalement destiné à la désinfection d'une eau qui provient d'un égout domestique, c'est-à-dire d'un égout
20 partant principalement d'habitations, d'immeubles d'affaires, d'institutions, etc., cette eau pouvant contenir de l'eau du sol, de l'eau de surface et/ou de l'eau de pluie. Généralement, l'eau résiduaire traitée a déjà subi un traitement primaire ou secondaire conformément aux procédés
25 classiques de traitement. Des surfactants et d'autres matières peuvent être ajoutés à l'eau résiduaire pour faciliter la dissolution de l'anhydride sulfureux ajouté dans le procédé de la présente invention et pour minimiser l'accumulation de tartre. D'une manière générale, les eaux
30 résiduaires non traitées provenant d'un égout domestique ont une demande en oxygène biochimique d'environ 250 parties par million et renferment environ 250 parties par million de matières solides en suspension, les matières solides organiques représentant 40 à 50 % des matières solides
35 totales.

Dans un procédé continu conforme à la présente invention, illustré sur la figure 1 des dessins, des eaux usées 10 sont mises en présence d'un gaz de combustion 12

contenant de l'anhydride sulfureux dans une zone 14 de mélange sous agitation. Le gaz de combustion contenant l'anhydride sulfureux peut être produit dans un générateur 16 d'anhydride sulfureux par combustion de soufre élémentaire 18 en présence d'oxygène 20. A titre de variante, le gaz contenant SO_2 peut provenir d'autres sources convenables, par exemple un gaz de cheminée. Le mélange 22 d'eaux usées et d'anhydride sulfureux est déchargé de la zone 14 de mélange et transféré dans une zone de traitement 24 qui permet une durée de contact d'au moins environ 10 minutes. Les eaux usées sont déchargées de la zone de traitement et transférées par une conduite 26 dans une zone 28 de neutralisation sous agitation, où elles sont mises en présence d'un agent neutralisant 30 tel que l'oxyde de calcium. Les eaux usées 32 traitées neutralisées sont ensuite aérées dans une zone 34 d'aération.

Les étapes individuelles du procédé illustré sur la figure 1 sont décrites en détail dans ce qui suit.

Le générateur 16 utilisé pour brûler du soufre élémentaire 18 peut être un brûleur classique tel qu'un brûleur à injection, un brûleur à cascade, un brûleur rotatif ou un brûleur à cuve. Le brûleur peut être alimenté avec du soufre solide ou liquide. Des brûleurs particulièrement utiles pour la production d'anhydride sulfureux qui doit être absorbé par un courant d'eau sont décrits dans les brevets des Etats-Unis d'Amérique N° 3 627 134, N° 3 907 510 et N° 4 039 289.

La source d'oxygène 20 utilisée pour brûler le soufre est en général de l'air, bien qu'on puisse utiliser de l'air enrichi en oxygène.

De préférence, le soufre 18 est brûlé en présence de la quantité minimale d'oxygène 20 nécessaire pour assurer l'oxydation sensiblement complète du soufre en anhydride sulfureux. Généralement, cette quantité représente environ deux fois la quantité stoechiométrique. Par conséquent, le gaz de combustion 12 qui est produit renferme de l'anhydride sulfureux et ne contient pas plus d'environ 10 à environ 15 % en volume d'oxygène. L'anhydride sulfureux contenu dans le

gaz de combustion 12 est de préférence introduit dans la zone de mélange 14 sans aucune addition d'oxygène. La raison pour laquelle la quantité d'oxygène dans le gaz de combustion doit être minimisée est que l'introduction d'oxygène dans les eaux résiduaires peut entraîner de l'anhydride sulfureux des eaux résiduaires et perturber le processus de désinfection.

Tous constituants du gaz de combustion contenant SO_2 non dissous dans la zone de mélange 14 sont déchargés par la conduite 21 à l'atmosphère. Cette opération peut être effectuée sans danger, attendu que la quasi-totalité du SO_2 est dissoute dans les eaux résiduaires dans la zone 14 de mélange.

Au lieu d'engendrer l'anhydride sulfureux sur le site de l'installation de désinfection des eaux résiduaires, on peut liquéfier l'anhydride sulfureux par compression et le conserver et le transporter dans des bouteilles en acier. L'anhydride sulfureux peut être dissous dans les eaux résiduaires depuis ces bouteilles, dans un "sulfonateur" du type de ceux qui sont vendus par la filiale Wallace and Tiernan de la Pennwalt Corporation.

De nombreux types d'appareils 14 de mélange gaz-liquide peuvent être utilisés dans le procédé de la présente invention. Par exemple, on peut utiliser des systèmes pulvérisateurs tels que des tours de pulvérisation et des tours à garniture à courants croisés, à contre-courant ou à courants parallèles. Des dispositifs de contact entre gaz et liquide que l'on apprécie particulièrement sont des colonnes convenablement garnies dans lesquelles le milieu d'épuration des eaux résiduaires est introduit à la partie supérieure, par exemple sous la forme d'un jet de pulvérisation, descendant à travers la colonne garnie. L'eau résiduaire qui s'écoule en descendant entre en contact avec un gaz à contre-courant qui s'élève dans la colonne. Une garniture particulièrement appréciée est un tuyau en chlorure de polyvinyle de 2,54 cm de diamètre extérieur et 2,54 cm de longueur.

D'autres types d'épurateurs peuvent aussi être utilisés, le critère principal étant que l'épurateur offre une durée suffisante de contact entre le gaz 12 et l'eau

5 résiduaire 10 pour assurer la dissolution de l'anhydride sulfureux dans cette dernière. Des durées de contact inférieures à 1 minute sont généralement nécessaires, et des durées de l'ordre de 30 secondes sont généralement suffisantes.

Des appareils convenables de contact entre gaz et liquide sont décrits dans les brevets des Etats-Unis d'Amérique N° 2 126 164, N° 3 107 951, N° 3 627 134, N° 3 775 314, N° 3 907 510, N° 4 039 289, N° 4 043 771 et 10 N° 4 138 330.

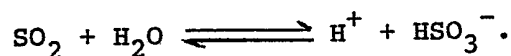
La quantité d'anhydride sulfureux qui doit être dissoute dans l'eau résiduaire et introduite dans la zone de mélange 14 est égale à la quantité qui assure la présence d'une quantité suffisante d'anhydride sulfureux libre dans la 15 zone de traitement 24 pour désinfecter l'eau résiduaire dans la zone de traitement. Généralement, au moins environ 10 mg et de préférence au moins environ 30 mg de SO_2 sont introduits dans la zone de mélange. Généralement, il ne faut pas plus d'environ 2000 mg et de préférence pas plus 20 d'environ 600 mg d'anhydride sulfureux par litre d'eau résiduaire. La quantité optimale de SO_2 total que l'on ajoute dépend de l'alcalinité de l'eau résiduaire. Une eau résiduaire a généralement une alcalinité ne dépassant pas 800 mg/l (Standard Methods, 14ème édition, APHA, 1975). A 25 mesure que l'alcalinité croît, il faut introduire davantage de SO_2 .

On introduit une quantité suffisante d'anhydride sulfureux dans la zone de mélange 14 pour que l'eau résiduaire se trouvant dans la zone de traitement ait une 30 teneur choisie en SO_2 libre d'au moins environ 5 mg/l, ce qui représente la quantité minimale de SO_2 libre nécessaire pour assurer la désinfection de l'eau résiduaire. Cela représente la quantité minimale de SO_2 libre nécessaire pour obtenir une désinfection quasi totale des coliformes dans des eaux 35 d'égout ayant reçu une épuration biologique. Pour garantir une désinfection quasi totale, l'eau résiduaire a de préférence une teneur en SO_2 libre d'au moins environ 10 mg/l. A mesure que la teneur en SO_2 libre s'élève au-dessus d'environ 200 mg/l, on obtient une amélioration .

faible, voire même nulle, de la désinfection. Par conséquent, la quantité d'anhydride sulfureux ajouté dans la zone de mélange 14 est de préférence limitée de manière que la teneur en SO_2 libre des eaux résiduaires dans la zone de traitement soit inférieure à environ 200 et notamment inférieure à environ 150 mg/l. La teneur optimale en SO_2 libre des eaux résiduaires est d'environ 30 mg/l.

La teneur en SO_2 des eaux résiduaires dans la zone de traitement 24 est exprimée, dans le présent mémoire, en SO_2 "libre" plutôt qu'en SO_2 total, parce qu'on s'est aperçu que l'anhydride sulfureux "libre" donne une meilleure mesure de la désinfection des coliformes que l'anhydride sulfureux total. L'anhydride sulfureux libre est calculé d'après la valeur connue du pH et de l'anhydride sulfureux total des eaux résiduaires. Le pH des eaux résiduaires est déterminé au moyen d'un pH-mètre classique. La teneur totale en SO_2 des eaux résiduaires se détermine par la méthode au sulfite décrite dans Standard Methods, 14ème édition, pages 508-9 (APHA, 1975).

Le calcul de SO_2 libre d'après SO_2 total et le pH est basé sur la réaction :



La constante d'équilibre K_1 pour cette réaction est d'environ $1,72 \times 10^{-2}$, par conséquent :

$$K_1 = \frac{(\text{H}^+) (\text{HSO}_3^-)}{(\text{SO}_2)} = 1,72 \times 10^{-2}$$

Si l'on suppose que SO_3^{--} est négligeable et que $\gamma = 1,0$ pour tous les ions dissous dans la solution aqueuse, l'anhydride sulfureux libre peut être calculé sans difficulté. La figure 14 reproduit des courbes de variation de la teneur en SO_2 libre (mg/l) en fonction du pH pour l'anhydride sulfureux total ajouté à l'eau résiduaire par litre de cette eau sur la base de l'hypothèse selon laquelle la totalité de l'anhydride sulfureux ajouté est dissoute dans l'eau résiduaire (les quantités de SO_2 initialement ajoutées, en mg de SO_2 par litre, sont marquées d'un astérisque).

Les équations d'équilibre ci-dessus permettent de déduire que la teneur en HSO_3^- est d'autant plus faible et la teneur en SO_2 libre est d'autant plus grande dans les eaux résiduaires que le pH de ces eaux est plus faible (forte concentration (H^+)). Par conséquent, pour obtenir une teneur satisfaisante en SO_2 libre de l'eau résiduaire, on maintient le pH de cette eau dans la zone de traitement à une valeur inférieure à environ 4 et de préférence inférieure à environ 3. La plage de pH la plus avantageuse va d'environ 1 à environ 4, notamment d'environ 2 à environ 3, et la valeur optimale est d'environ 2,5.

Pour réduire le pH des eaux résiduaires, on peut ajouter une quantité suffisante de SO_2 pour que le pH et la teneur en SO_2 libre aient leurs valeurs désirées respectives. A titre de variante, comme décrit ci-dessous en regard de la figure 2, un acide tel que l'acide chlorhydrique ou l'acide sulfurique peut être ajouté aux eaux résiduaires pour réduire leur pH, plutôt que de ne compter que sur l'anhydride sulfureux pour réduire le pH des eaux résiduaires.

Une durée suffisante de séjour dans la zone de traitement est nécessaire pour désinfecter les eaux résiduaires. Une durée de séjour d'au moins environ 10 minutes est nécessaire pour une désinfection satisfaisante. Des durées de séjour dépassant environ 60 minutes apportent peu ou pas d'amélioration à la désinfection. Par conséquent, la durée de séjour se situe de préférence entre environ 10 et environ 60 minutes, elle est notamment inférieure à environ 40 minutes et sa valeur optimale est d'environ 20 minutes.

La zone de traitement 24 n'est pas agitée, si bien qu'un écoulement avec effet bouchon est sensiblement entretenu dans la zone de traitement. Cela a pour effet d'assurer que la totalité des eaux résiduaires soit soumise à une durée de traitement par SO_2 d'au moins environ 10 minutes.

Contrairement aux procédés de l'art antérieur, on préfère dans le procédé de la présente invention qu'il n'y ait pratiquement pas d'addition de fer en particules aux eaux

résiduaire de manière que le fer en particules soit sensiblement absent de la zone de traitement. Cela est dû au fait que le fer en particules peut réagir en formant FeSO_3 , ce qui aurait pour effet de réduire la teneur en SO_2 libre des eaux résiduaires et d'interférer avec le processus de désinfection. Les récipients et l'appareillage de traitement utilisés dans la présente invention peuvent être réalisés en fer.

Les eaux résiduaires traitées déchargées de la zone de traitement sont neutralisées dans la zone 28 de neutralisation au moyen d'un agent de neutralisation 30. L'agent de neutralisation 30 peut être une matière alcaline telle qu'un hydroxyde, un carbonate ou un oxyde de métal alcalin. L'utilisation d'oxyde de calcium, par exemple sous la forme de chaux vive, est avantageuse du fait qu'elle conduit à la formation de sulfate de calcium qui, dans des conditions correctes de pH, précipite dans les eaux résiduaires et peut être déchargée du circuit. L'agent de neutralisation peut être ajouté sous la forme solide, sous la forme d'une suspension, ou en solution. Dans la zone de neutralisation, on ajoute une quantité suffisante d'agent de neutralisation pour élever le pH des eaux résiduaires de manière qu'il se trouve dans la plage d'environ 6 à environ 8 et qu'il ait une valeur optimale d'environ 7,0, afin que les eaux résiduaires puissent être déchargées dans l'environnement.

Dans la zone d'aération 34, les eaux résiduaires traitées neutralisées sont aérées par de l'air insufflé en une quantité suffisante pour élever leur teneur en oxygène, de préférence à un degré de saturation d'au moins environ 40 %. L'air ajouté chasse tout SO_2 résiduel ou réagit avec lui et assure la réduction aux valeurs désirées de la demande en oxygène chimique et de la demande en oxygène biologique. L'aération peut être réalisée avec un appareillage du type décrit dans les brevets des Etats-Unis d'Amérique N° 2 126 164, N° 3 017 951, N° 3 775 314, N° 3 794 582, N° 4 043 771 et N° 4 138 330.

L'eau désinfectée 36 déchargée de l'aérateur peut être évacuée sans danger dans des cours d'eau, des lacs et des eaux d'une autre nature et peut être utilisée en toute sécurité à des fins industrielles, par exemple comme eau industrielle de refroidissement.

Une autre étape d'aération peut être incluse dans le procédé immédiatement avant la neutralisation pour chasser un peu d'anhydride sulfureux des eaux résiduaires de manière à réduire la quantité nécessaire d'agent de neutralisation.

Une forme de réalisation de l'invention qui utilise une addition d'acide est illustrée sur la figure 2. Cette version diffère de la version représentée sur la figure 1 par le simple fait que le pH des eaux résiduaires est réduit à la fois avec SO_2 et avec un acide plutôt qu'avec SO_2 seul.

Sur la figure 2, l'eau résiduaire 10 est mélangée à un gaz de combustion 12 contenant de l'anhydride sulfureux dans la zone 14 de mélange sous agitation. Le gaz de combustion contenant de l'anhydride sulfureux peut être produit dans le générateur 16 d'anhydride sulfureux par combustion de soufre élémentaire 18 en présence d'oxygène 20. A titre de variante, le gaz contenant SO_2 peut être obtenu à partir d'autres sources convenables telles qu'un gaz de cheminée ou de l'anhydride sulfureux comprimé dans des bouteilles du commerce. Le mélange 22 d'anhydride sulfureux et d'eau résiduaire est évacué de la zone de mélange 14 et additionné d'un acide 8 dans la zone 9 de réduction du pH, puis transféré par une conduite 7 dans la zone de traitement 24 qui permet une durée de contact d'au moins environ 5 minutes et de préférence d'au moins environ 10 minutes. Les eaux résiduaires sont déchargées de la zone de traitement et transférées par une conduite 26 dans la zone 28 de neutralisation sous agitation, où elles sont mélangées avec l'agent neutralisant 30. L'eau résiduaire 32 traitée et neutralisée est ensuite aérée dans la zone d'aération 34.

Les différences entre les procédés des figures 1 et 2 seront seules commentées dans ce qui suit.

La quantité d'anhydride sulfureux qui doit être dissoute dans les eaux résiduaires et introduite dans la zone de mélange 14 est la quantité qui assure l'existence d'une quantité suffisante d'anhydride sulfureux libre dans la zone de traitement 24 pour désinfecter les eaux résiduaires se trouvant dans cette zone. Généralement, la quantité nécessaire d'anhydride sulfureux est plus faible lorsqu'un acide est ajouté que lorsqu'il n'y a pas d'addition d'acide. On introduit au moins environ 10 et de préférence au moins environ 20 mg de SO_2 dans la zone de mélange 14 par litre d'eau résiduaire introduite dans la zone de mélange. En général, il ne faut pas plus d'environ 500 mg et de préférence pas plus d'environ 300 mg d'anhydride sulfureux par litre d'eau résiduaire. La quantité optimale d'anhydride sulfureux utilisé est d'environ 160 mg/l d'eaux résiduaires.

On introduit une quantité suffisante d'anhydride sulfureux dans la zone de mélange 14 pour que les eaux résiduaires dans la zone de traitement aient une teneur choisie en SO_2 libre d'au moins environ 5 mg/l, c'est-à-dire la quantité minimale de SO_2 libre nécessaire pour assurer la désinfection des eaux résiduaires. Il s'agit là de la quantité minimale de SO_2 libre nécessaire pour obtenir une désinfection quasi totale des coliformes dans des eaux d'égouts soumises à épuration biologique. A mesure que la teneur en SO_2 libre est élevée au-dessus d'environ 100 mg/l, l'amélioration obtenue de la désinfection est faible, voire même nulle. Par conséquent, la quantité d'anhydride sulfureux que l'on ajoute dans la zone de mélange 14 est de préférence limitée de manière que la teneur en SO_2 libre des eaux résiduaires dans la zone de traitement soit inférieure à environ 100 et notamment inférieure à environ 75 mg/l. La teneur optimale en SO_2 libre des eaux résiduaires est d'environ 25 mg/l.

La quantité d'acide 8 ajoutée dans la zone 9 de réduction du pH est la quantité suffisante pour obtenir le pH désiré dans la zone de traitement 24. La quantité d'acide que l'on doit ajouter dans la zone de réduction du pH est d'autant plus faible que la quantité ajoutée de SO_2 dans la zone de traitement est plus grande, parce que l'addition de

SO₂ réduit le pH des eaux résiduaires. Pour obtenir une teneur désirée en SO₂ libre, il faut ajouter d'autant plus d'acide 8 aux eaux résiduaires dans la zone 9 de réduction du pH que la quantité de SO₂ ajoutée aux eaux résiduaires dans la zone de mélange 14 est plus faible.

Comme le montrent les figures 1 et 2, l'acide est de préférence ajouté aux eaux résiduaires après que ces dernières ont été mélangées avec SO₂. Il en est ainsi parce que l'addition de SO₂ réduit le pH des eaux résiduaires, généralement d'une quantité qui est difficile à prédire à cause de la présence éventuelle d'agents de tamponnement dans les eaux résiduaires. Par conséquent, pour obtenir une valeur de pH désirée, il est préférable d'ajouter l'acide aux eaux résiduaires après que l'anhydride sulfureux a été ajouté à ces dernières. Toutefois, il est possible conformément à l'invention d'ajouter l'acide aux eaux résiduaires avant l'addition de SO₂ à ces dernières, ou d'ajouter en même temps aux eaux résiduaires SO₂ et l'acide.

L'acide 8 utilisé pour réduire le pH des eaux résiduaires peut être tout acide convenable disponible tel que l'acide chlorhydrique ou l'acide sulfurique.

Un acide convenable n'est pas SO₂ ni sa solution dans l'eau. Par conséquent, le terme "acide" utilisé dans le présent mémoire à propos d'un acide ajouté aux eaux résiduaires comme partie du processus de désinfection par SO₂ exclut l'anhydride sulfureux gazeux ou la solution d'anhydride sulfureux dans l'eau.

La simple addition d'acide, même sans addition de SO₂, peut réduire la teneur en coliformes des eaux résiduaires, en particulier lorsque le pH des eaux résiduaires est réduit à environ 2 ou moins. L'acide sulfurique se révèle être plus efficace que l'acide chlorhydrique dans cette réduction de la teneur en coliformes.

Une durée de contact suffisante est nécessaire dans la zone de traitement pour désinfecter les eaux résiduaires. Une durée de contact d'au moins environ 5 minutes et de préférence d'au moins environ 10 minutes

s'impose pour l'obtention d'une désinfection satisfaisante. Des durées de contact supérieures à environ 60 minutes offrent peu, voire même pas d'amélioration de la désinfection. Par conséquent, la durée de contact se situe de
5 préférence entre environ 10 et environ 60 minutes, elle est notamment inférieure à environ 40 minutes et sa valeur optimale est d'environ 20 minutes.

Une variante de mise en oeuvre de la présente invention est illustrée sur la figure 3. La version de la
10 figure 3 utilise la même zone 9 de réduction du pH, le même générateur 16 d'anhydride sulfureux, la même zone de mélange 14 et la même zone de traitement 24 que dans la version illustrée sur la figure 2. La version illustrée sur la figure 3 diffère de celle de la figure 2 en trois points, dont on
15 peut utiliser toute combinaison avec la version illustrée sur la figure 1 ou avec la version illustrée sur la figure 2.

La première différence est que le gaz de combustion 12 contenant SO_2 n'est pas introduit sous forme de gaz dans la zone de mélange 14. Au contraire, l'anhydride
20 sulfureux est tout d'abord dissous dans l'eau et l'eau contenant SO_2 en solution est introduite dans la zone de mélange 14.

Comme le fait apparaître la figure 3, le gaz de combustion 12 contenant SO_2 est introduit à la base d'une
25 tour 52. De l'eau est introduite à la partie supérieure de la tour 52. L'eau peut être de l'eau neuve 54 d'appoint, de l'eau désinfectée 56 recyclée et/ou une première portion 58 des eaux résiduaires 10. De préférence, on n'introduit qu'une première portion 58 des eaux résiduaires dans la tour 52.
30 Généralement, la première portion des eaux résiduaires constitue environ 10 à environ 70 et de préférence environ 30 à 50 % en volume du courant total 10 des eaux résiduaires. On introduit une quantité suffisante de SO_2 dans la zone 52 de contact entre gaz et liquide pour que les eaux résiduaires 62
35 évacuées de la zone de contact aient une teneur en SO_2 libre d'au moins 10 mg/l et de préférence une teneur en SO_2 libre inférieure à 200 mg/l. La concentration exacte de l'anhydride sulfureux libre dans les eaux résiduaires 62 évacuées de la

zone de contact 52 dépend du pourcentage en volume d'eaux résiduaires 62 comparativement à la première portion des eaux résiduaires 10. A mesure que le pourcentage en volume des eaux résiduaires 62 croît, la concentration en SO_2 libre dans les eaux résiduaires 62 décroît.

Tous constituants du gaz de combustion 12 non dissous dans l'eau contenue dans la tour 52 sont déchargés à l'atmosphère par une conduite 60. De l'eau contenant de l'anhydride sulfureux dissous est soutirée de la tour 52 par une conduite 62 et introduite dans la zone de mélange 14 dans laquelle elle se mélange avec une seconde portion 64 des eaux résiduaires 10. Comme le fait apparaître la figure 3, l'eau résiduaire soutirée de la zone de contact 52 n'est de préférence nullement recyclée dans ladite zone de contact, c'est-à-dire qu'elle est introduite directement dans la zone de mélange 14.

Un avantage de la division du courant d'eau résiduaire 10 en deux courants 48 et 64 est qu'une partie seulement des eaux résiduaires doit passer par le dispositif de contact 52 entre gaz et liquide. Cela contribue à minimiser l'encrassement qui peut se manifester dans un appareil 52 de contact entre gaz et liquide renfermant une garniture.

La quantité de SO_2 introduite dans la zone de contact 52 est choisie de manière que les eaux résiduaires se trouvant dans la zone de mélange 14 aient la teneur désirée en SO_2 libre définie ci-dessus.

La seconde différence entre la version de l'invention illustrée sur la figure 3 et la version illustrée sur la figure 2 est une étape de lavage qui fait immédiatement suite au traitement. Les eaux résiduaires 26 traitées sont introduites à la partie supérieure d'une tour de lavage 110 dans laquelle de l'anhydride sulfureux est entraîné des eaux résiduaires par l'écoulement à contre-courant d'un gaz tel que de l'air 112 insufflé par la base de la tour de lavage 110. Environ 90 % de l'anhydride sulfureux contenu dans les eaux résiduaires traitées peuvent être éliminés en une période d'environ 10 à 15 minutes lorsque les eaux résiduaires ont un pH d'environ 2 à environ 2,5.

L'anhydride sulfureux entraîné peut être recyclé en vue du traitement des eaux résiduaires entrantes. On peut effectuer cette opération en évacuant un courant d'air 114 contenant SO_2 entraîné de la tour de lavage 110 et en introduisant le courant d'air 114 dans la tour 52. A titre de variante, l'anhydride sulfureux peut être récupéré du courant d'air 114 dans une tour d'absorption séparée.

Un avantage de l'opération de lavage est la nécessité d'une moins grande quantité d'agent de neutralisation pour neutraliser les eaux résiduaires traitées. Un autre avantage réside dans les économies de capitaux et de frais de mise en oeuvre qui résultent du recyclage de SO_2 , avec réduction de la quantité de SO_2 frais à engendrer.

La troisième différence existant entre la version de l'invention illustrée sur la figure 3 et la version illustrée sur la figure 2 est le traitement des eaux résiduaires traitées 26 sortant de la zone de traitement 24. Au lieu de neutraliser et d'aérer simplement les eaux résiduaires traitées 26, on les soumet à l'élimination de SO_2 comme décrit ci-dessus, puis on soumet les eaux résiduaires épurées 116 à un traitement subséquent destiné à éliminer les matières solides et les matières nutritives. Les impuretés sont éliminées des eaux résiduaires 26 par élévation de leur pH dans une zone 70 d'ajustement du pH à une valeur d'au moins 8 environ, et de préférence dans la plage d'environ 9 à environ 12. Cette opération peut être effectuée au moyen d'une base 72, et elle est effectuée de préférence au moyen d'oxyde de calcium. Les eaux résiduaires sont ensuite flocculées dans un flocculateur 74 auquel on peut ajouter un agent flocculant 76 tel que le sulfate d'aluminium. La matière flocculée est enlevée des eaux résiduaires traitées par flocculation, par exemple par une opération de centrifugation ou de sédimentation dans une zone 78 de sédimentation qui peut être un appareil classique de sédimentation par gravité ou décanteur.

Après que les matières solides ont été éliminées des eaux résiduaires dans la zone de sédimentation 78, l'eau est aérée de manière à élever sa teneur en oxygène, de

préférence à une saturation d'au moins environ 40 % dans une zone d'aération 34, puis elle est neutralisée dans une zone 80 de neutralisation avec un acide 82 tel que l'acide chlorhydrique ou l'acide sulfurique, à un pH d'environ 7,0.

5 La clé pour l'obtention d'une désinfection efficace des eaux résiduaires est de maintenir la teneur en SO_2 libre dans la zone de traitement 24 (1) pour des procédés par addition d'un acide, dans une plage d'environ 5 à environ 100 mg/l et de préférence dans la plage d'environ 10 à
10 environ 75 mg/l ; et (2) pour des procédés sans addition d'acide, dans une plage d'environ 5 à environ 200 mg/l et de préférence dans la plage d'environ 10 à environ 100 mg/l. On y parvient en contrôlant la teneur en SO_2 libre des eaux résiduaires dans la zone de traitement 24 et en élevant ou en
15 réduisant, selon le cas, la quantité de SO_2 utilisé pour traiter les eaux résiduaires. La teneur en SO_2 libre des eaux résiduaires peut être contrôlée par la mesure directe ou par le calcul à partir des valeurs mesurées de SO_2 total et de pH.

20 Le procédé de la présente invention est généralement mis en oeuvre à la température ambiante, excepté la combustion du soufre. Ce procédé peut avantageusement être mis en oeuvre à toute température normalement rencontrée dans des eaux résiduaires. Bien qu'on puisse faire fonctionner
25 l'installation à une pression supérieure à la pression atmosphérique, il est généralement préférable, pour des considérations d'ordre énergétique, d'utiliser les pressions de gaz de l'appareil de contact gaz-liquide et des eaux résiduaires de manière que les pressions mises en jeu ne
30 soient pas excessives.

De plus amples détails concernant la désinfection des eaux résiduaires conformément à la présente invention peuvent être trouvés dans l'article intitulé "Evaluation of Sulfur Dioxide Disinfection", Reynolds et
35 Adams, Utah Water Research Laboratory, Utah State University, Décembre 1979.

Les exemples suivants aident à la compréhension du procédé de la présente invention.

Exemple 1

Cet exemple illustre l'effet de la quantité de SO_2 ajouté aux eaux résiduaires et l'effet de la durée de contact sur la désinfection des coliformes sans addition d'acide.

Les échantillons utilisés d'eaux résiduaires consistent en une eau d'égout traitée par épuration biologique provenant de l'Hyrum City Wastewater Treatment Plan, Hyrum, Utah. On dispose sur un agitateur magnétique 12 fioles d'Erlenmeyer de 500 ml contenant chacune 500 ml d'eau d'égout non diluée, traitée par épuration biologique. Tout en agitant, on ajoute comme source de SO_2 de l'acide sulfureux concentré. On dispose les fioles sur le plateau d'une secoueuse et on les agite à 125 tr/min pendant des durées de contact de 3, 5, 10 et 20 minutes. On neutralise les fioles à un pH de 7,0 en utilisant NaOH 5 N. Des analyses sur filtre à membrane en vue de la détermination des coliformes totaux et des coliformes fécaux sont conduites sur les échantillons neutralisés (APHA 1975). En outre, la concentration finale en SO_2 est déterminée par titrage conformément à Standard Methods, 14ème édition (APHA, 1975). La teneur finale en SO_2 libre est calculée d'après la mesure de pH et la détermination des valeurs finales de SO_2 .

On a soumis les résultats à une analyse par régression exponentielle. La figure 4 reproduit la variation du logarithme décimal de la concentration en coliformes totaux en fonction de la concentration finale en SO_2 libre pour des durées de contact de 3, 5, 10 et 20 minutes. La figure 5 représente la variation du logarithme décimal de la concentration en coliformes fécaux en fonction de la concentration finale en SO_2 libre pour les mêmes durées de contact. Ces courbes sont basées sur l'équation déterminée par l'analyse par régression. Le coefficient de régression r pour toutes les courbes se situe dans la plage de 0,81 à 0,94. Tous les coefficients de corrélation sont significatifs au niveau de 1 %.

La norme intitulée "Total Coliform Discharge Standard" (1985) de l'état de l'Utah est de 200 coliformes totaux par 100 ml. D'après la figure 4, il est évident que

cette norme peut être satisfaisante avec une durée de contact de 10 minutes et une teneur en anhydride sulfureux libre d'environ 100 mg/l, exprimé en SO_2 . Pour une durée de contact de 20 minutes, la norme concernant les coliformes totaux peut être satisfaite avec une teneur en anhydride sulfureux libre d'environ 78 mg/l, exprimé en SO_2 . (Toutes les teneurs en SO_2 , comprenant les teneurs en SO_2 total et les teneurs en SO_2 libre, sont exprimées dans le présent mémoire sur la base de SO_2). Il en résulte un pH d'environ 2,8.

D'après la figure 5, la norme de décharge des coliformes (1985) de l'état de l'Utah fixée à 20 coliformes fécaux par 100 ml est satisfaite avec une teneur en anhydride sulfureux libre d'environ 62 mg/l (il résulte un pH d'environ 2,6) et une durée nécessaire de contact d'environ 20 minutes.

15 Exemple 2

Cet exemple illustre l'effet exercé par l'acide utilisé, le degré d'ajustement du pH, la quantité de SO_2 ajouté aux eaux résiduaires et l'effet de la durée de contact sur la désinfection des coliformes.

Les échantillons d'eaux résiduaires qui ont été utilisés consistaient en une eau d'égout traitée par épuration biologique provenant de l'Hyrum City Wastewater Treatment Plant, Hyrum, Utah. On place sur un agitateur magnétique des fioles d'Erlenmeyer contenant 500 ml d'eau d'égout non diluée, traitée par épuration biologique. En agitant, on réduit le pH des eaux résiduaires à 2,5 ou à 2,0 en utilisant de l'acide sulfurique ou de l'acide chlorhydrique à 25 % en volume/volume. Ensuite, on ajoute de l'acide sulfureux concentré comme source de SO_2 . On place les fioles sur le plateau d'une secoueuse et on les agite à 125 tr/min pendant des durées de contact de 3, 5, 10, 15, 20 ou 25 minutes. On neutralise les fioles à un pH de 7,0 par addition de NaOH 5 N. Des analyses sur filtre à membrane pour déterminer les coliformes totaux et les coliformes fécaux sont effectuées sur les échantillons neutralisés (APHA, 1975). En outre, la concentration initiale en SO_2 est déterminée par titrage conformément à Standard Methods, 14ème édition, pages 928-941 (APHA, 1975).

Cette technique classique d'analyse sur filtre à membrane pour déterminer la teneur en coliformes d'échantillons aqueux comprend des étapes consistant à produire plusieurs échantillons secondaires de différentes dilutions à partir de l'échantillon initial d'eau. Le but est de produire un échantillon secondaire qui, lorsqu'il est filtré, donne moins de 200 et de préférence environ 20 à environ 80 colonies de coliformes. Les échantillons secondaires sont filtrés à l'aide d'une membrane stérile, puis les coliformes retenus par la membrane sont cultivés. Les colonies cultivées sont ensuite comptées et la teneur en coliformes de l'échantillon d'eau peut être calculée sur la base du nombre de colonies dans la dilution de l'échantillon secondaire. Il importe que l'échantillon soit neutralisé à un pH d'environ 7,0 par l'addition d'une base telle que l'hydroxyde de sodium. On a observé que dans le cas d'échantillons de pH inférieur à environ 2 et contenant de l'anhydride SO_2 , si ces échantillons ne sont pas neutralisés, les teneurs déterminées en coliformes sont faibles parce que l'anhydride sulfureux détruit les coliformes, de même que l'acidité des échantillons retarde le développement des coliformes sur la membrane. La technique entière est mise en oeuvre dans des conditions stériles.

Les teneurs initiales en SO_2 libre des échantillons ont été calculées d'après le pH et les valeurs initiales déterminées de SO_2 total. Les figures 6 et 7 reproduisent respectivement la variation du logarithme décimal de la concentration en coliformes totaux et de la concentration en coliformes fécaux en fonction de la concentration initiale en SO_2 libre pour des durées de contact de 3, 5 et 10 minutes avec ajustement du pH à 2,5 par addition d'acide sulfurique. Les figures 8 et 9 représentent, respectivement, des courbes de variation du logarithme décimal de la concentration en coliformes totaux et du logarithme décimal de la concentration en coliformes fécaux en fonction de la concentration initiale en SO_2 libre pour des durées de contact de 5 et 10 minutes, le pH étant ajusté à 2,5 avec de l'acide sulfurique. Les figures 10 et 11

reproduisent respectivement les courbes de variation du logarithme décimal de la concentration en coliformes totaux et de la concentration en coliformes fécaux en fonction de la teneur initiale en SO_2 libre pour des durées de contact de 5, 10, 15 et 20 minutes, avec réglage du pH à 2,0 par l'acide chlorhydrique. Les figures 12 et 13 représentent respectivement les courbes de variation du logarithme décimal de la concentration en coliformes totaux et de la concentration en coliformes fécaux en fonction de la concentration initiale en SO_2 libre pour des durées de contact de 5, 10, 15, 20 et 25 minutes, avec réglage du pH à 2,5 par l'acide chlorhydrique.

Il ressort de la figure 6 que la norme de décharge des coliformes totaux (1985) de l'état de l'Utah peut être satisfaite avec une durée de contact de 10 minutes et une teneur initiale en SO_2 libre d'environ 3 mg/l lorsqu'on utilise l'acide sulfurique pour réduire le pH des eaux résiduaires à 2,0. D'après la figure 10, pour une durée de contact de 5 minutes seulement, la norme correspondant aux coliformes totaux peut être satisfaite avec une teneur en anhydride sulfureux libre d'environ 30 mg/l exprimé en SO_2 lorsqu'on utilise l'acide chlorhydrique pour réduire le pH des eaux résiduaires à 2,0. D'après la figure 12, pour une durée de contact de 15 minutes, une concentration initiale en SO_2 libre d'environ 20 mg/l et le réglage du pH à 2,5 par l'acide chlorhydrique, cette norme peut être satisfaite.

D'après la figure 7, la norme de décharge des coliformes (1985) de l'état de l'Utah, fixée à 20 coliformes fécaux pour 100 ml, peut être satisfaite avec une teneur en anhydride sulfureux libre d'environ 5 mg/l et une durée de contact d'environ 10 minutes lorsqu'on utilise l'acide sulfurique pour réduire le pH des eaux résiduaires à 2,0.

D'après la figure 11, il apparaît que la même norme peut être satisfaite avec un réglage du pH à 2,0 par l'acide chlorhydrique et (1) une durée de contact de 10 minutes et une concentration initiale en SO_2 libre d'environ 30 mg/l ou (2) une durée de contact de 15 minutes et une teneur initiale en SO_2 libre d'environ 18 mg/l.

Le procédé de la présente invention peut non seulement satisfaire aux normes de l'état de l'Utah, mais aussi aux normes de l'Environmental Protection Agency (1983) concernant l'eau déchargée en vue de l'irrigation, de l'agrément et d'applications industrielles. Il est basé sur une compréhension fondamentale de la manière dont un procédé d'utilisation de SO_2 pour désinfecter les eaux résiduaires doit être conduit et mis en oeuvre en vue d'une désinfection rentable et efficace. Par la maîtrise du procédé basé sur la teneur en SO_2 libre des eaux résiduaires traitées, il est possible de garantir la désinfection des coliformes présents dans les eaux résiduaires. L'eau désinfectée produite par le procédé de l'invention est relativement claire et inodore. En outre, du fait que du chlore n'est pas utilisé dans le procédé, les cancérigènes produits par la désinfection au chlore ne constituent pas un problème.

Un autre avantage d'une version de la présente invention par rapport à des procédés classiques de désinfection d'eaux résiduaires avec SO_2 réside dans l'utilisation d'acide pour réduire le pH des eaux résiduaires. En vue d'obtenir une teneur efficace en SO_2 libre dans les eaux résiduaires, il est nécessaire que le pH soit réduit à une valeur inférieure à 4. Dans des procédés classiques, de fortes proportions de l'anhydride sulfureux ajouté aux eaux résiduaires ont simplement pour fonction de réduire le pH de ces eaux plutôt que de contribuer à leur teneur en SO_2 libre. Avec le procédé de la présente invention, la quantité de SO_2 qui doit être ajoutée aux eaux résiduaires peut être notablement réduite, la quantité nécessaire n'étant généralement égale qu'au tiers environ de la quantité nécessaire dans un procédé classique. Cela réduit le coût du générateur de SO_2 et les dimensions de la zone de mélange, et il en résulte des économies de capitaux et une réduction des frais de mise en oeuvre.

Bien que la présente invention ait été décrite de façon très détaillée en référence à certaines de ses versions préférées, d'autres formes de réalisation sont possibles. Par exemple, dans la version de l'invention illustrée sur la

figure 3, au lieu de prévoir une zone de mélange séparée et une zone séparée de réduction du pH, on peut ajouter l'acide 8 à la zone de mélange 14 de manière à éliminer ainsi la présence nécessaire d'une zone de réduction du pH. C'est

5 pourquoi le cadre de l'invention ne doit pas être nécessairement limité à la description des versions préférées contenues dans le présent mémoire.

REVENDEICATIONS

1. Procédé continu de désinfection d'eaux résiduaires, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes qui consistent :

- 5 (a) à mélanger en (14) les eaux résiduaires (10) avec une quantité suffisante de SO_2 (12) pour que les eaux résiduaires (10) aient une teneur en SO_2 libre non inférieure à une teneur choisie en SO_2 libre d'au moins environ 5 mg/l ;
- 10 (b) à maintenir le mélange SO_2 /eaux résiduaires dans une zone de traitement (24) à une teneur choisie en SO_2 libre pendant environ 10 à environ 60 minutes ; et
- (c) à décharger les eaux résiduaires de la zone de traitement (24).

15 2. Procédé continu de désinfection d'eaux résiduaires, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes qui consistent :

- (a) à mélanger en (14) les eaux résiduaires avec un acide pour réduire leur pH et à mélanger les eaux résiduaires avec une quantité suffisante de SO_2 pour qu'elles
- 20 aient une teneur en SO_2 libre non inférieure à une teneur choisie en SO_2 libre d'au moins environ 5 mg/l ;
- (b) à maintenir le mélange SO_2 /eaux résiduaires dans une zone de traitement (24) à une teneur choisie en SO_2 libre pendant au moins environ 5 minutes ; et
- 25 (c) à décharger les eaux résiduaires de la zone de traitement (24).

30 3. Procédé perfectionné de désinfection d'eaux résiduaires dans lequel les eaux résiduaires sont mélangées avec de l'anhydride sulfureux, caractérisé en ce qu'il consiste à ajouter aux eaux résiduaires un acide choisi entre l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique.

4. Procédé suivant l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'étape (b) consiste à maintenir le mélange SO_2 /eaux résiduaires à la teneur choisie en SO_2 libre

35 en l'absence essentielle de fer en particules.

5. Procédé suivant l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'étape (b) consiste à maintenir le mélange SO_2 /eaux résiduaires à la teneur choisie en SO_2 libre sans agitation.

6. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce que le mélange SO_2 /eaux résiduaires est maintenu dans la zone de traitement (24) pendant environ 10 à environ 60 minutes.

5 7. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce que la teneur choisie en SO_2 libre est inférieure à environ 100 mg/l.

8. Procédé suivant l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le mélange SO_2 /eaux résiduaires est
10 maintenu dans la zone de traitement (24) à un pH d'environ 1 à environ 4.

9. Procédé suivant l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'étape de mélange avec SO_2 consiste à faire entrer une première portion des eaux résiduaires en
15 contact avec de l'anhydride sulfureux gazeux pour y dissoudre de l'anhydride sulfureux et à mélanger la première portion renfermant SO_2 dissous avec une seconde portion des eaux résiduaires.

10. Procédé suivant l'une des revendications 2 et
20 3, caractérisé en ce que l'acide choisi est l'acide sulfurique.

11. Procédé suivant l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il comprend l'étape d'entraînement de SO_2 des eaux résiduaires soutirées, le mélange des eaux
25 résiduaires avec SO_2 consistant à mélanger les eaux résiduaires avec de l'anhydride sulfureux entraîné des eaux résiduaires soutirées.

12. Procédé continu de désinfection d'eaux résiduaires, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes qui
30 consistent :

(a) à introduire une première portion des eaux résiduaires et un gaz contenant de l'anhydride sulfureux dans une zone de contact entre gaz et liquide en vue de dissoudre au moins une portion de l'anhydride sulfureux dans la
35 première portion des eaux résiduaires ;

(b) à soutirer de la zone de contact des eaux résiduaires contenant de l'anhydride sulfureux ;

(c) à mélanger une seconde portion des eaux résiduaires avec de l'anhydride sulfureux par introduction de la quasi-totalité des eaux résiduaires soutirées contenant SO_2 directement dans une zone de mélange et introduction de la seconde portion des eaux résiduaires dans la zone de mélange ;

(d) à maintenir le mélange d'eaux résiduaires soutirées et de la seconde portion des eaux résiduaires dans une zone de traitement pendant au moins environ 10 minutes ;
et

(e) à soutirer des eaux résiduaires traitées de la zone de traitement, une quantité suffisante de SO_2 étant introduite dans la zone de contact pour que l'eau se trouvant dans la zone de traitement ait une teneur choisie en SO_2 libre d'au moins environ 5 mg/l.

13. Procédé continu de désinfection d'eaux résiduaires, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes qui consistent :

(a) à introduire une première portion des eaux résiduaires et un mélange contenant de l'anhydride sulfureux dans une zone de contact gaz-liquide en vue de dissoudre au moins une portion de l'anhydride sulfureux contenu dans la première portion des eaux résiduaires ;

(b) à soutirer des eaux résiduaires contenant de l'anhydride sulfureux de la zone de contact ;

(c) à mélanger une seconde portion des eaux résiduaires avec de l'anhydride sulfureux par introduction de la quasi-totalité des eaux résiduaires soutirées contenant de l'anhydride sulfureux directement dans une zone de mélange et à introduire la seconde portion des eaux résiduaires dans la zone de mélange pour former des eaux résiduaires mixtes ;

(d) à mélanger les eaux résiduaires mixtes avec une quantité suffisante d'acide pour réduire le pH des eaux résiduaires mixtes à moins d'environ 4 ;

(e) à soutirer des eaux résiduaires traitées de la zone de traitement, une quantité suffisante d'anhydride sulfureux étant introduite dans la zone de contact et une quantité suffisante

d'acide étant mélangée avec les eaux résiduaires mixtes pour que l'eau se trouvant dans la zone de traitement ait une teneur choisie en SO_2 libre d'au moins environ 5 mg/l.

14. Procédé perfectionné de détermination de la teneur en coliformes d'un échantillon d'eau contenant de l'anhydride sulfureux, comprenant les étapes qui consistent :

(a) à préparer plusieurs échantillons secondaires de différentes dilutions à partir de l'échantillon d'eau ;

(b) à filtrer chaque échantillon secondaire sur une membrane stérile ;

(c) à cultiver les coliformes filtrés par la membrane ; et

(d) à compter les colonies cultivées sur les membranes, caractérisé en ce que le perfectionnement consiste à neutraliser l'échantillon d'eau avant la culture des coliformes.

15. Procédé perfectionné de désinfection d'eaux résiduaires dans lequel des eaux résiduaires sont traitées par mélange de ces eaux avec de l'anhydride sulfureux, caractérisé en ce qu'il consiste à entraîner l'anhydride sulfureux des eaux résiduaires traitées et à mélanger l'anhydride sulfureux entraîné des eaux résiduaires traitées avec des eaux résiduaires non traitées.

16. Procédé perfectionné de désinfection d'eaux résiduaires, dans lequel des eaux résiduaires sont traitées par mélange avec de l'anhydride sulfureux et les eaux résiduaires traitées sont mélangées avec une base pour élever leur pH, caractérisé en ce que de l'anhydride sulfureux est entraîné des eaux résiduaires traitées avant le mélange de ces eaux avec une base.

17. Procédé continu de désinfection d'eaux résiduaires, comprenant les étapes de traitement des eaux résiduaires par mélange avec l'anhydride sulfureux, caractérisé en ce qu'il consiste :

(a) à déterminer la teneur en SO_2 libre des eaux résiduaires traitées ; et

- (b) à maintenir la teneur en SO_2 libre des eaux résiduaires traitées à des valeurs choisies dans la plage d'environ 5 à environ 200 mg/l par élévation de la quantité d'anhydride sulfureux utilisé pour traiter les eaux
- 5 résiduaires lorsque la teneur déterminée en anhydride sulfureux est inférieure aux valeurs choisies, et à réduire la quantité d'anhydride sulfureux utilisé pour traiter les eaux résiduaires lorsque la teneur déterminée en anhydride sulfureux est supérieure aux valeurs choisies.

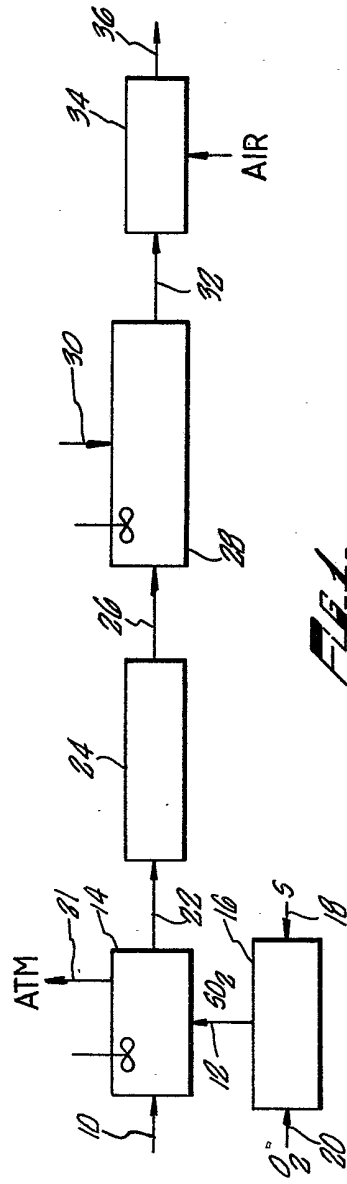
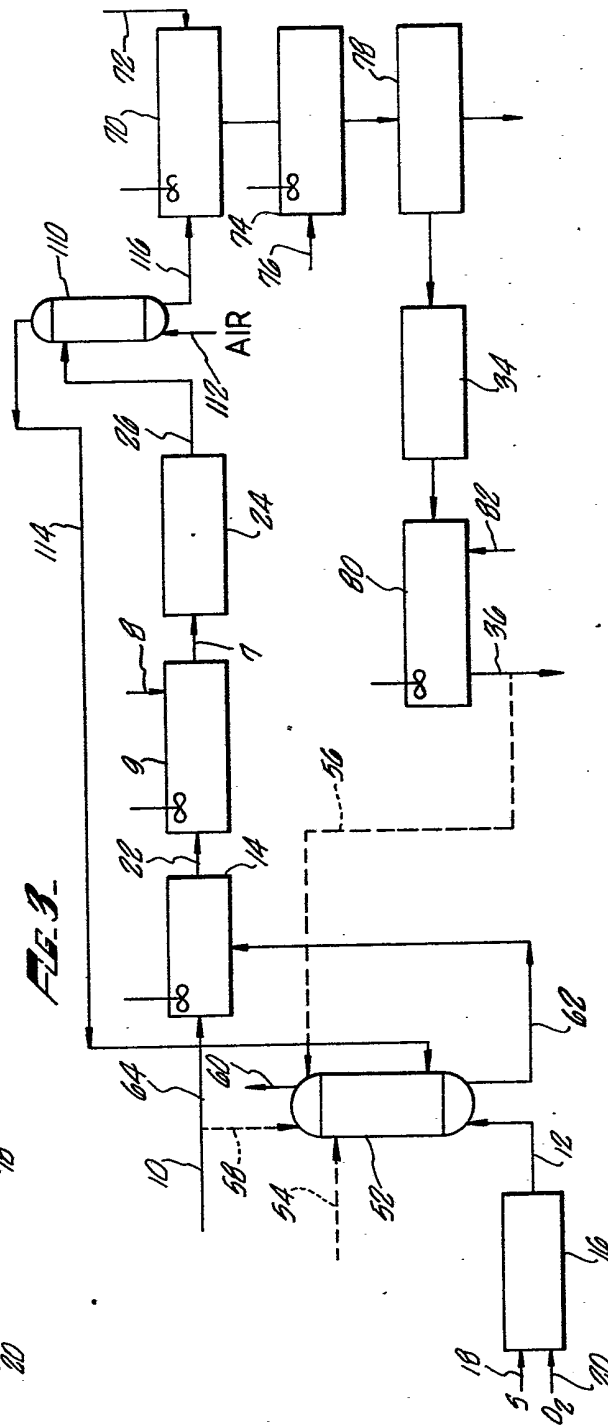
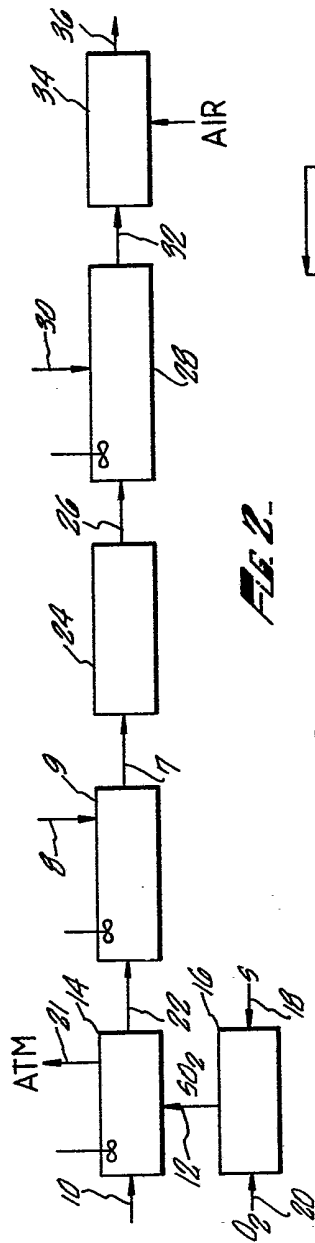


FIG. 1



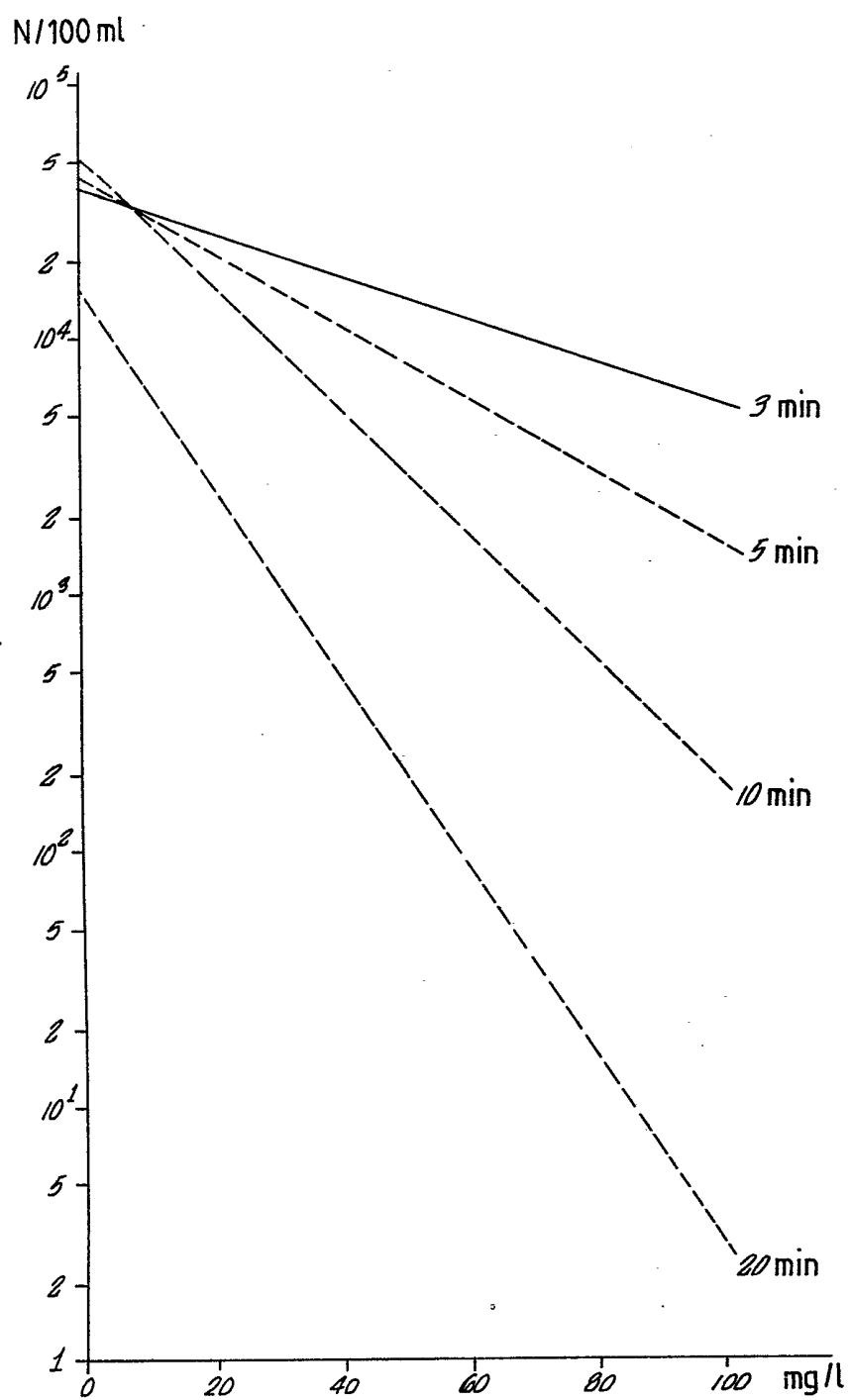


FIG. 4

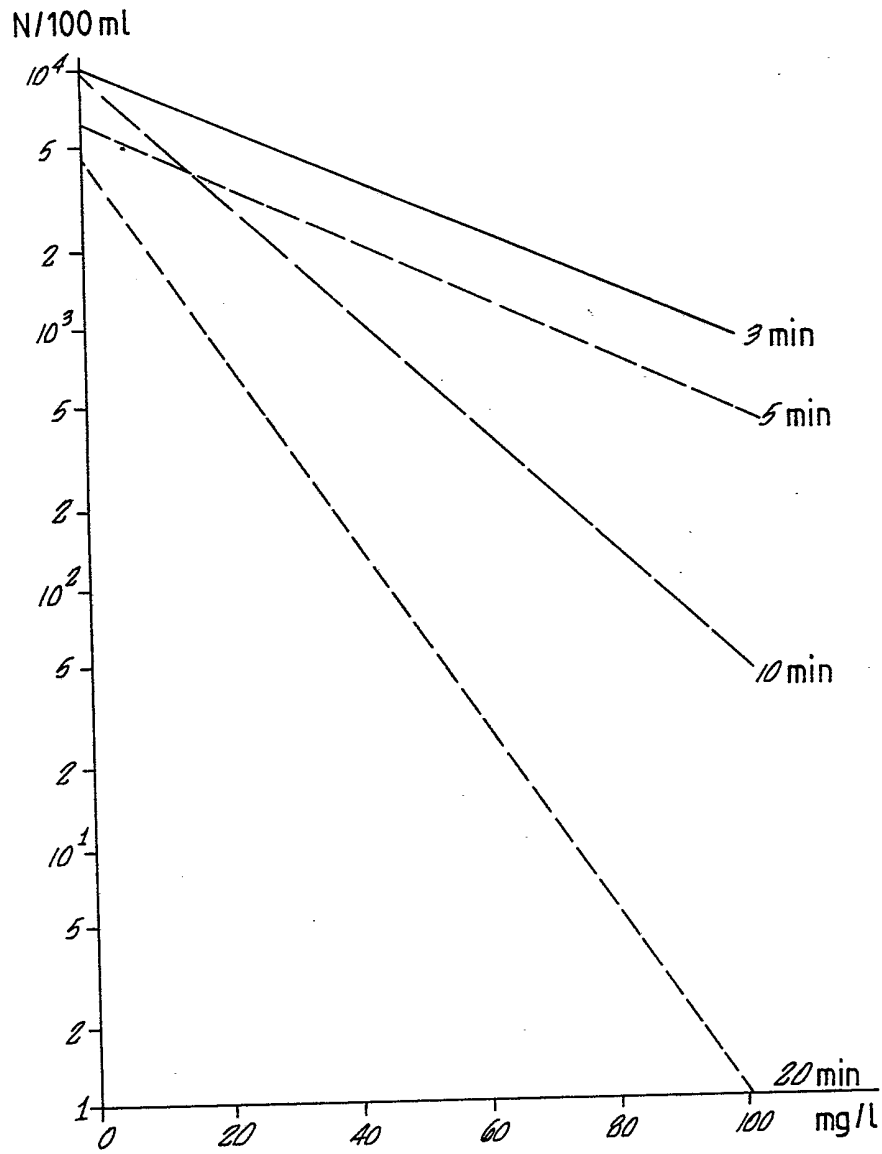


FIG. 5.

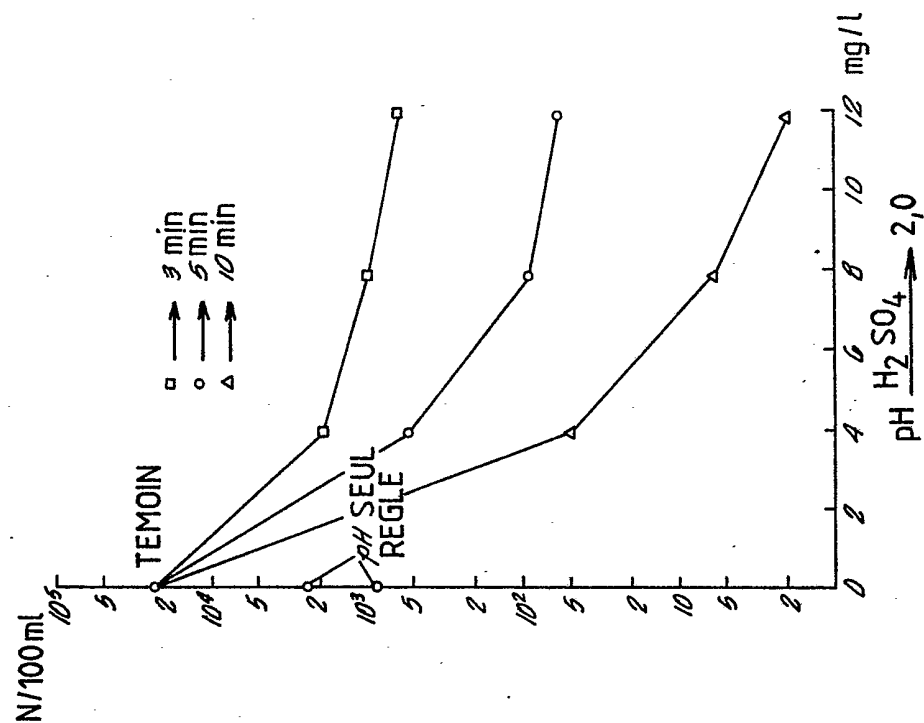


FIG. 1

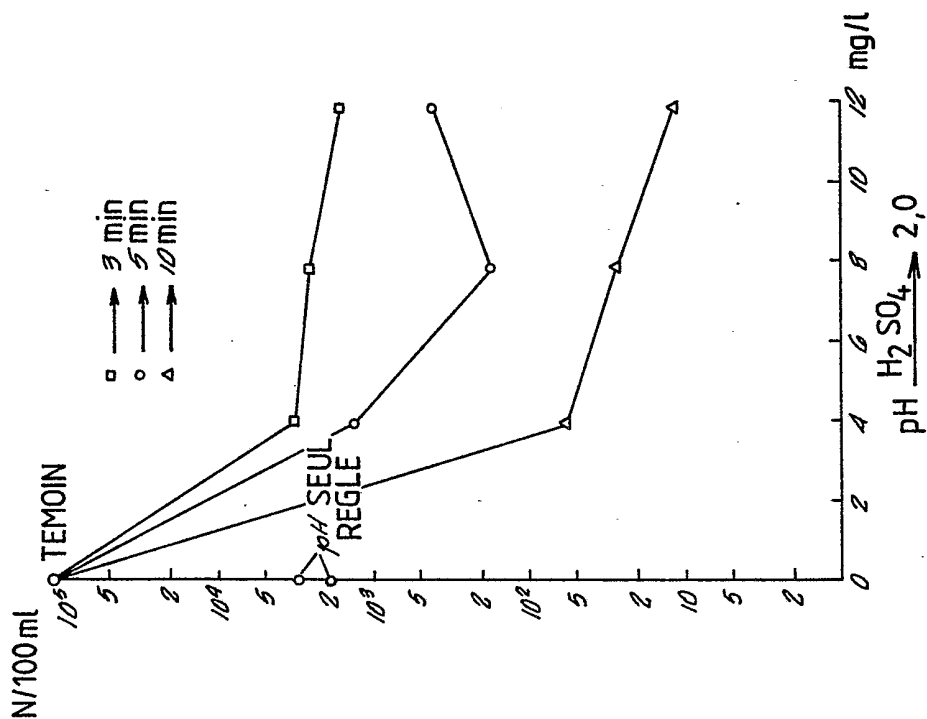
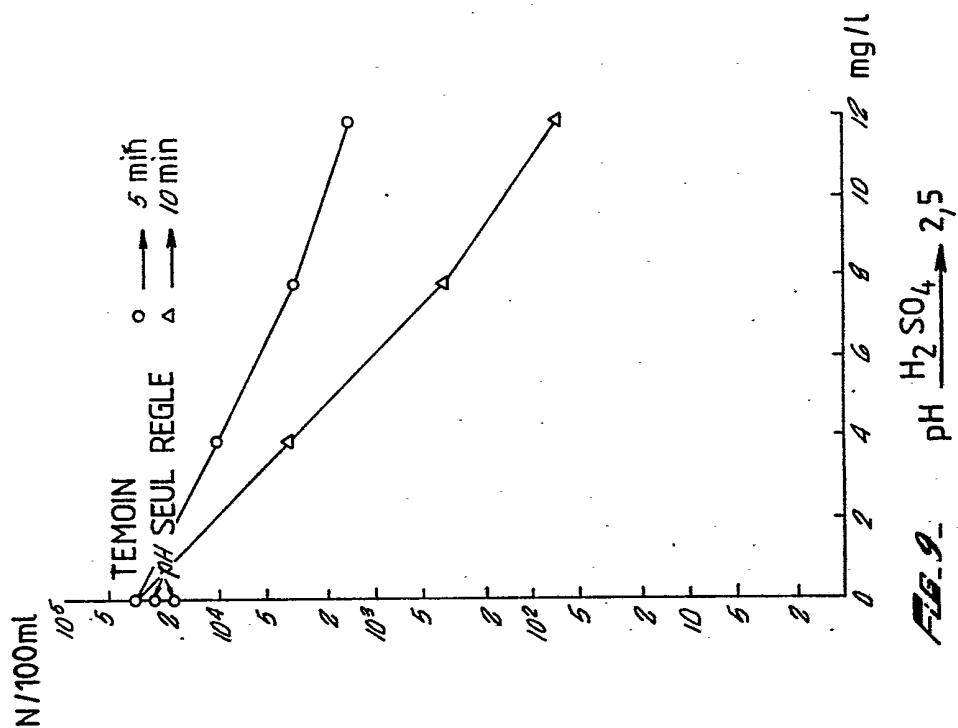
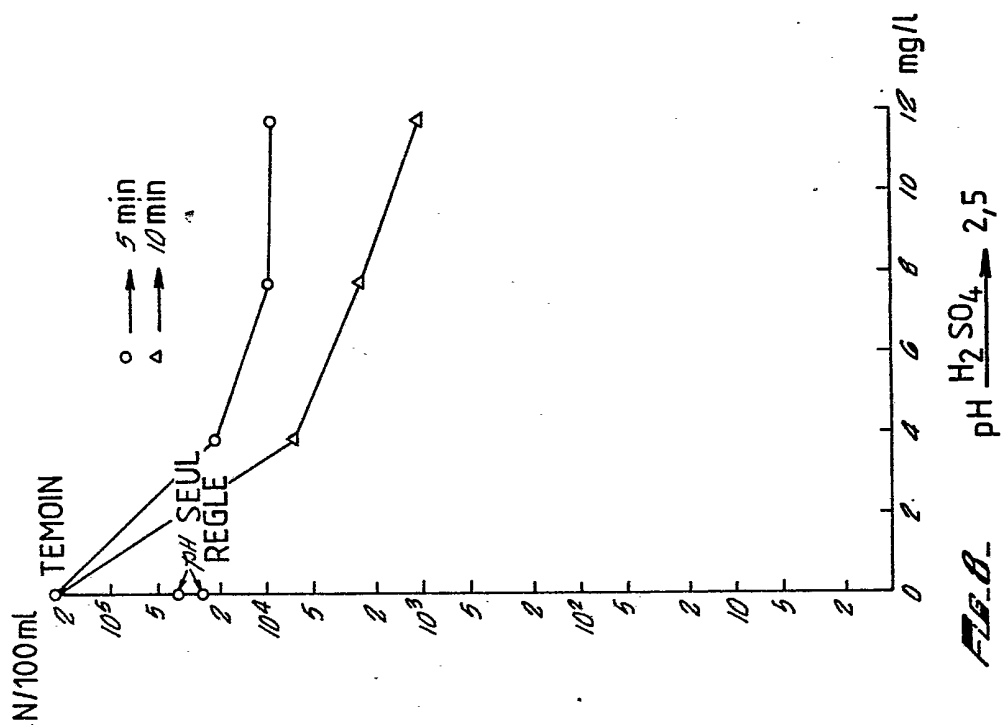
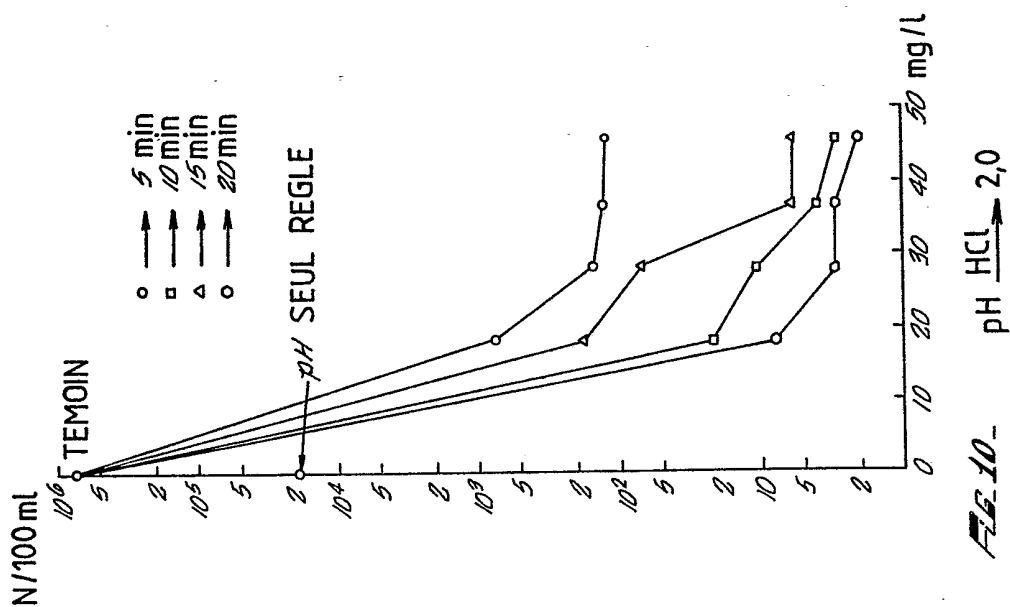
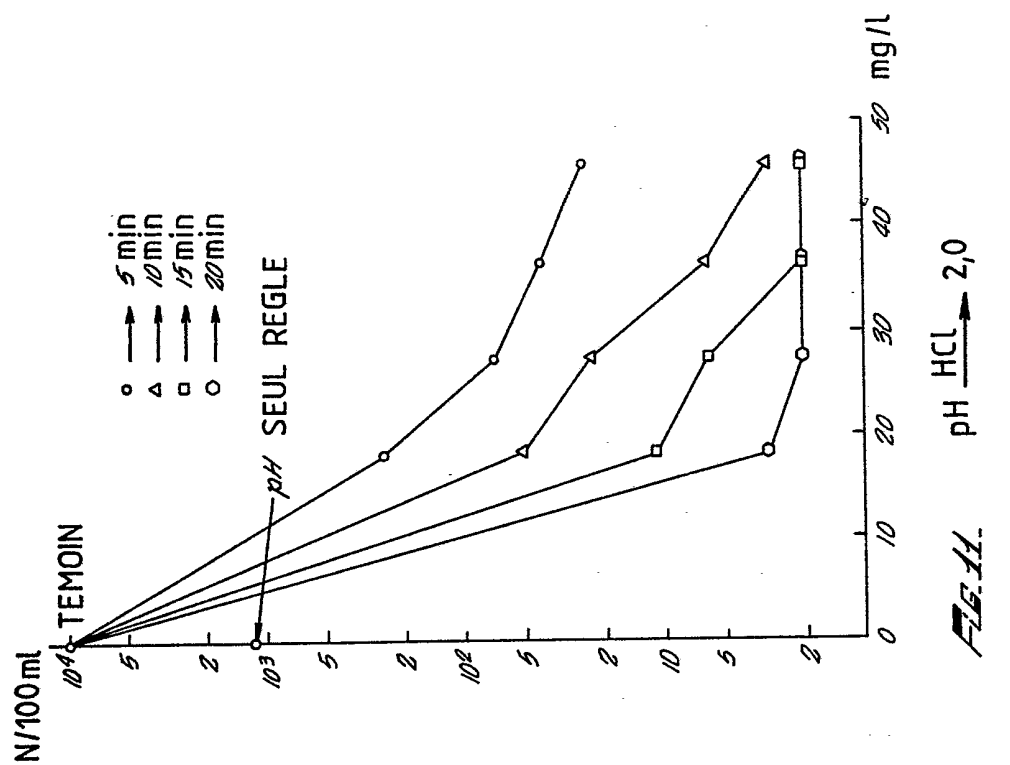
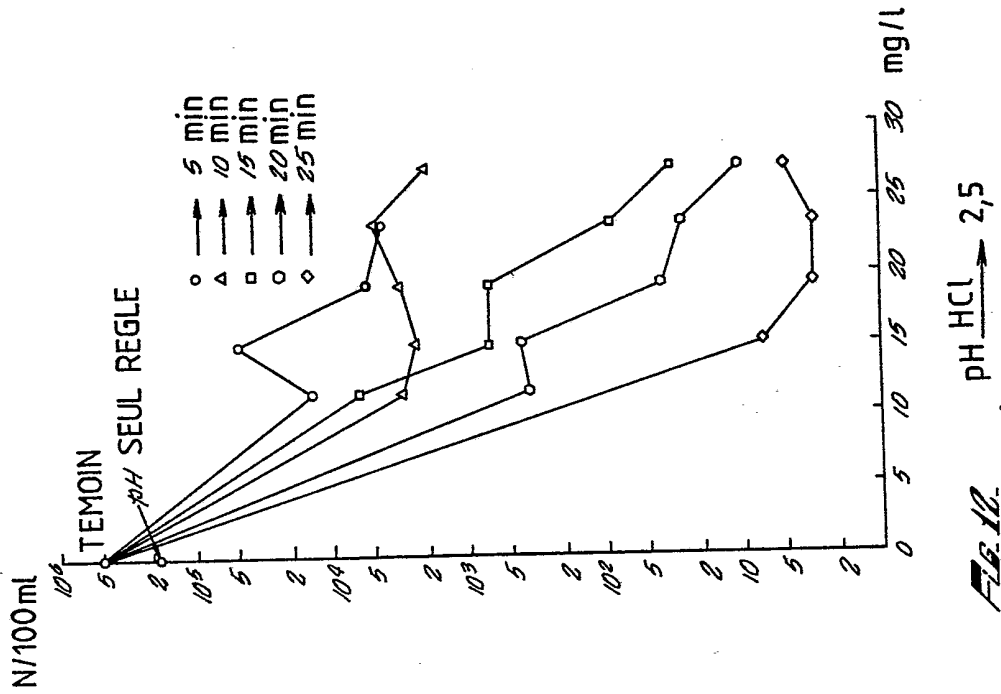
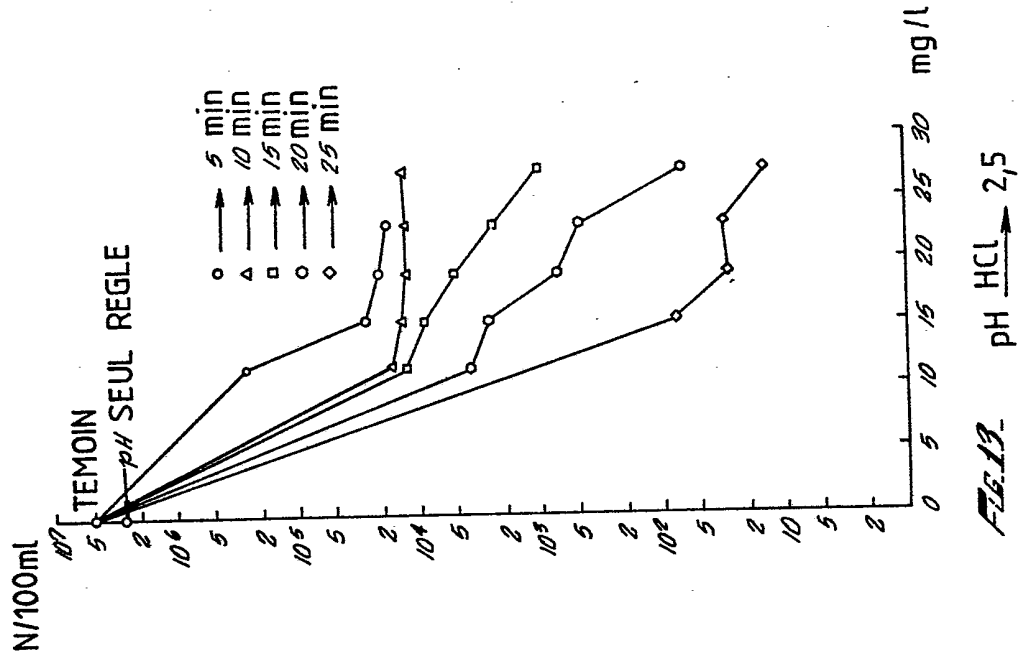


FIG. 6







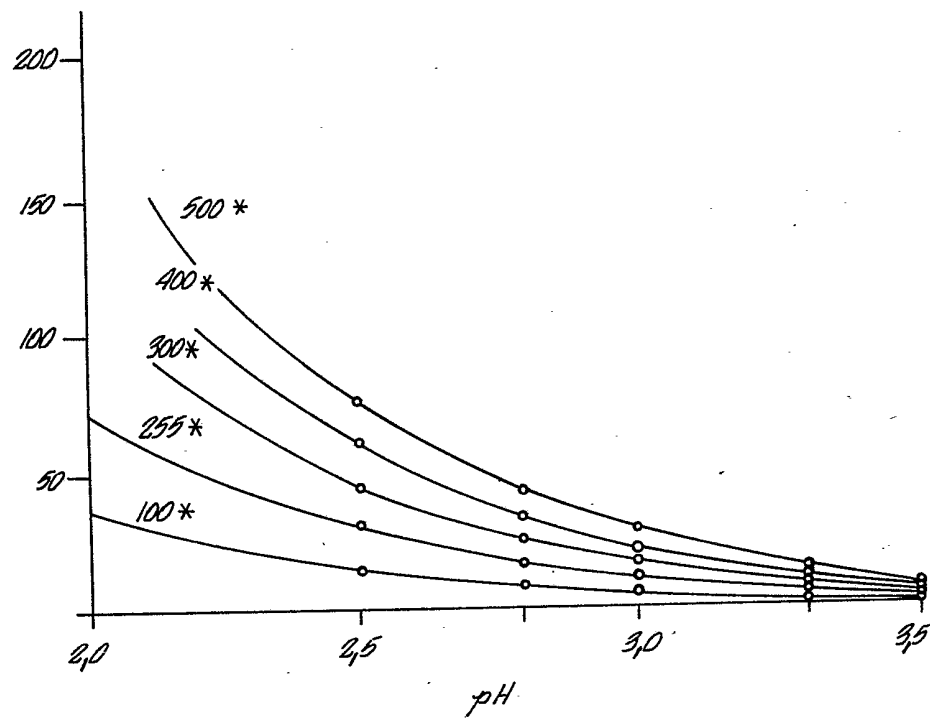


FIG. 14.